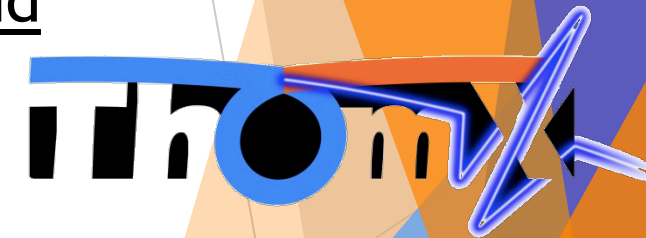


# Analyse des risques ThomX

C. Bruni, H. Bzyl, R. Chehab, I. Chaikovskaia, R. Chiche,  
N. Delerue, Ph. Gauron, J-M Horondynski,  
M. Jacquet, H. Monard, M. Omeich, P. Robert, C. Vallerand



21/11/2019 – EAP ThomX



# Sommaire

- ▶ Les principaux résultats de l'analyse de risques systémique – COPIL Juillet 2019
  - ▶ Méthodologie
  - ▶ Répartition des risques
  - ▶ Distribution des risques en termes de couts, délais et performances
  - ▶ Les risques critiques
- ▶ L'analyse de risques techniques
  - ▶ Méthodologie
  - ▶ Présentation de l'analyse pour les 4 premières étapes : jusqu'au faisceau 50 MeV dans le beam dump
  - ▶ Synthèse et conclusion

# Rappel de la méthodologie

- La quantification des risques est basée sur les échelles d'occurrence et de gravité à cinq niveaux définies dans le tableau ci-dessous.

Risque de très faible probabilité : $p < 10\%$	1
Risque de faible probabilité : $10\% < p < 40\%$	2
Risque de moyenne probabilité : $40\% < p < 60\%$	3
Risque de forte probabilité : $60\% < p < 80\%$	4
Risque de très forte probabilité : $p > 80\%$	5

Impact négligeable : Retard $< 1$ semaine et surcoût $< 1\%$ du coût et spécifications inchangées	1
Impact mineur : $1 < \text{Retard} < 3$ semaines ou $1\% < \text{surcoût} < 10\%$ ou spécifications tenues à 10% près	2
Impact majeur : $3 \text{ semaines} < \text{Retard} < 12 \text{ semaines}$ ou $\text{surcoût} > 10\%$ ou spécifications tenues à 40% près	3
Impact dangereux : $12 \text{ semaines} < \text{Retard} < 24 \text{ semaines}$ ou $\text{surcoût} > 20\%$ ou spécifications critiques non tenues	4
Impact catastrophique : Arrêt du projet	5

- La hiérarchisation des risques a été établie sur la base des criticités associées à chaque risque. La criticité globale d'un risque a été calculée sans facteur de pondération, et selon le produit de la gravité par l'occurrence.

Occurrence	Gravité				
	1	2	3	4	5
1	1	2	3	4	5
2	2	4	6	8	10
3	3	6	9	12	15
4	4	8	12	16	20
5	5	10	15	20	25

Domaine du risque à surveiller

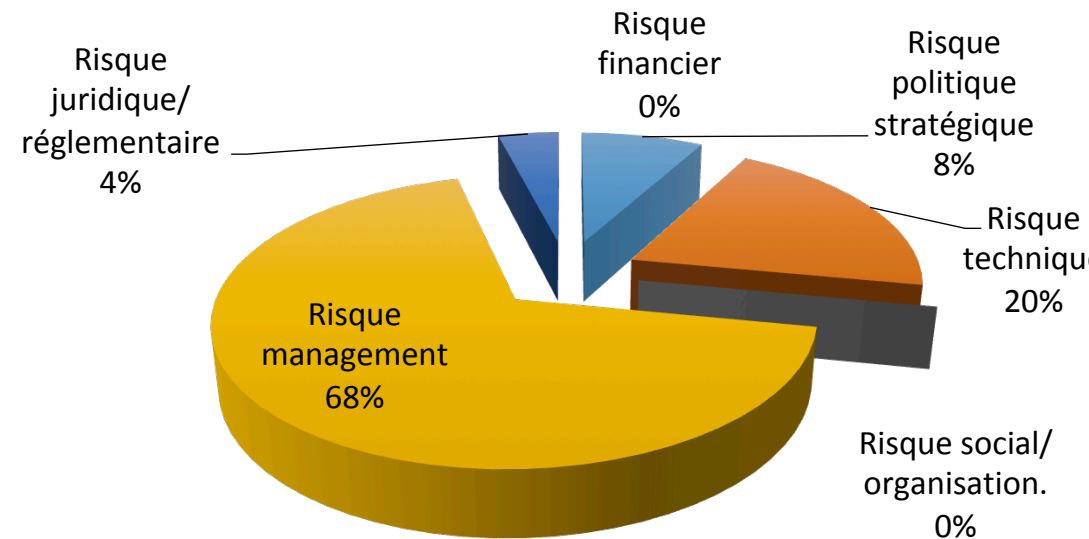
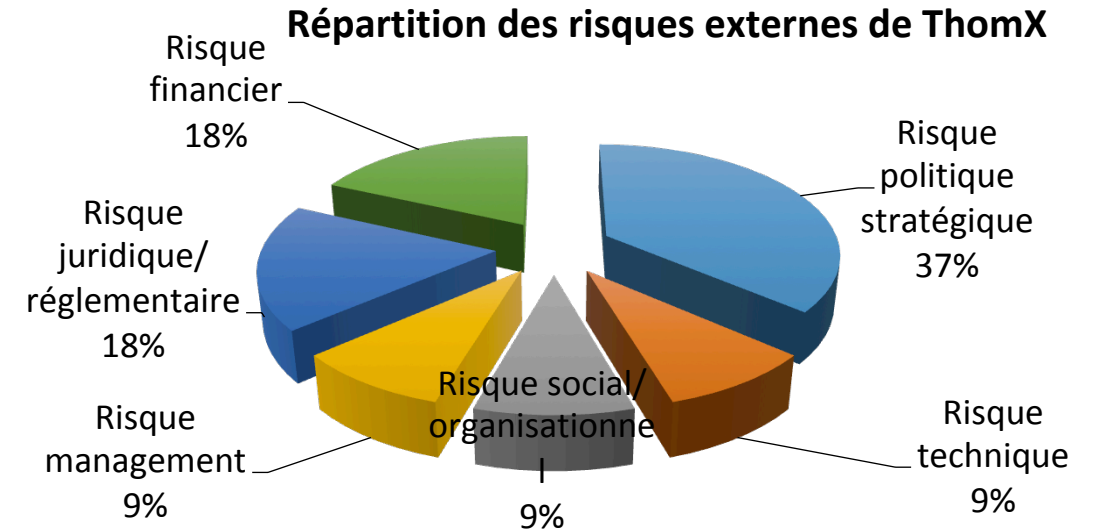
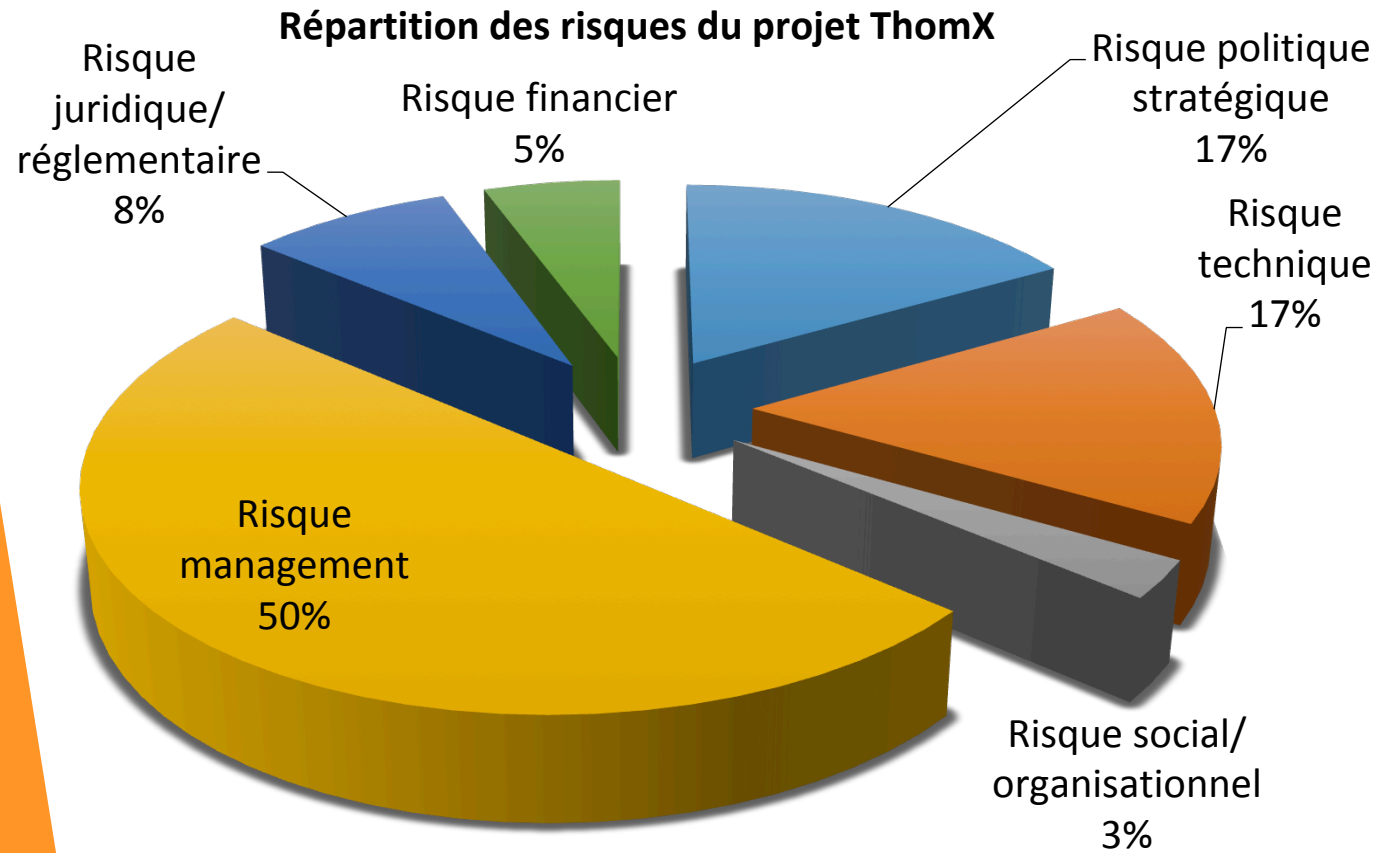
Domaine du risque critique

Domaine du risque acceptable



# Répartition des risques selon leur nature

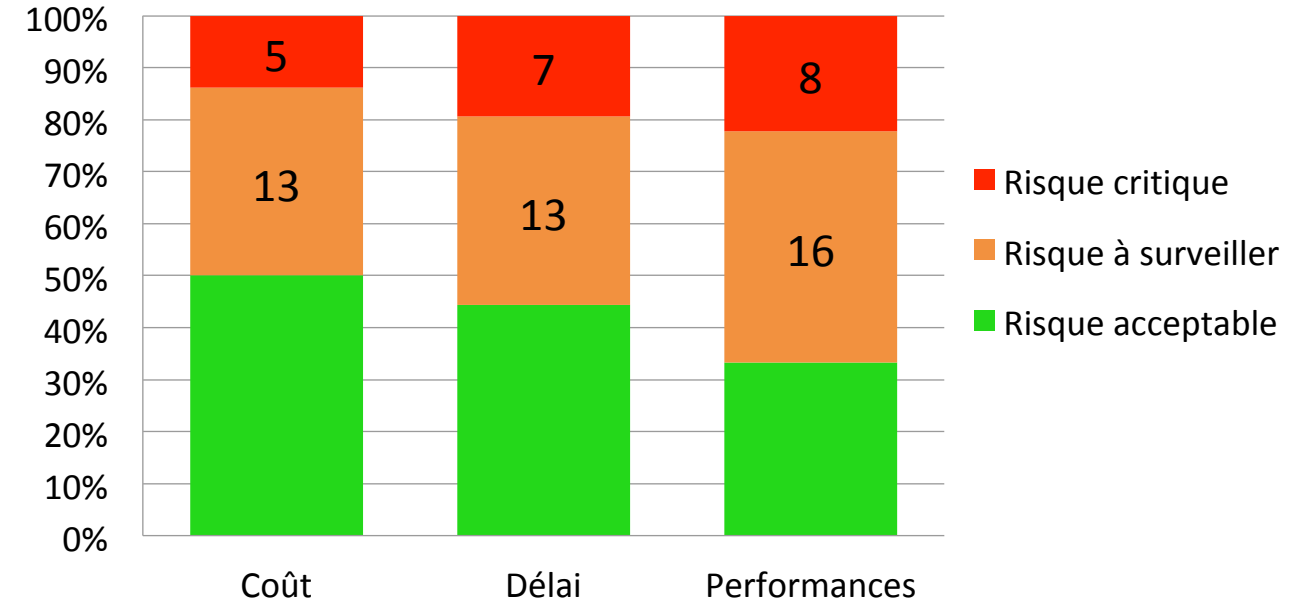
- L'analyse montre que les événements redoutés portent principalement sur le Management :



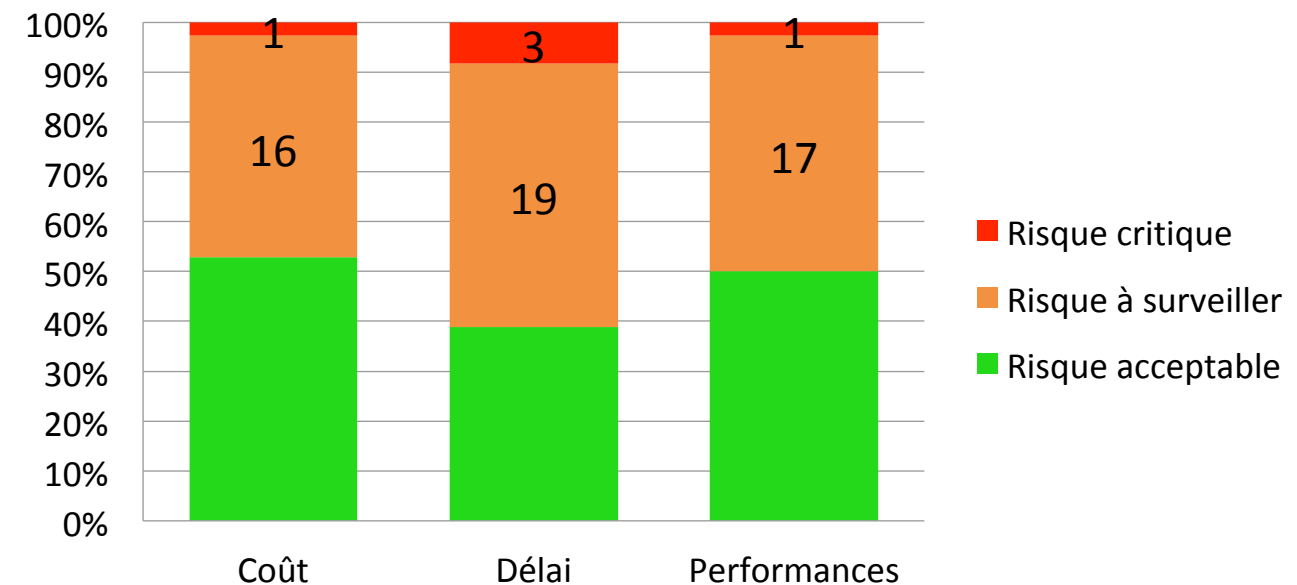
# Synthèse

- ▶ Cette analyse rassemble les principaux risques couvrant la période 2012 – 2019 et intègre les risques potentiels à la fin de l'EQUIPEX.
- ▶ L'analyse a permis d'identifier 36 événements redoutés pouvant affecter le projet et de mettre en exergue la distribution suivante avant la mise en œuvre d'actions :
  - 20 risques « critiques »
  - 42 risques « à surveiller »
  - 46 risques « acceptables »
- ▶ La mise en œuvre d'actions a permis de réduire significativement le nombre de risques critiques et à surveiller.
  - 5 risques « critiques »
  - 52 risques « à surveiller »
  - 51 risques « acceptables »

## Criticité des risques avant actions mises en oeuvre



## Criticité des risques après actions mises en oeuvre



# Bilan de l'analyse systémique

- ▶ L'analyse montre que les 5 principaux risques identifiés, après actions mises en œuvre, sont les suivants :
    - **Les pertes/manques de compétences (Ingénieur sécurité, expert alimentation, fluidistes...)** ou **manque de ressources** en partie du au turn-over du personnel (ex. : Ingénieur sécurité, infrastructure...), aux difficultés de recrutements de certains profils (ex. : opérateurs dédiés, fluidistes...). L'absence de ces compétences en interne induit des retards pour l'intégration de la machine et induira des difficultés de maintenance et de fonctionnement.
    - **Les difficultés de disponibilité et de mobilisation à moyen terme des agents pour atteindre les performances nominales** en partie du à la multiplication des projets à effectif constant voire réduit et induisant l'implication des agents sur de nombreux projets.
    - **La diminution des disponibilités des partenaires / collaborateurs** en partie du à la dérive du planning du projet ThomX. Ce risque pourrait induire des difficultés lors du démarrage de l'accélérateur.
    - *La faible visibilité du projet en niveau National et International en partie du à l'absence de nomination d'un binôme de Responsable Scientifique / Technique, ne permettant pas au chef de projet de se consacrer à cette tâche. L'impact de cette faible visibilité sera un faible nombre d'utilisateurs et induira une faible valorisation de l'accélérateur et/ou des heures de faisceaux pouvant remettre en cause la pérennité de l'accélérateur*
- => **Nomination de M. Jacquet en tant que Responsable scientifique à valider avec le Bureau Scientifique**
- **L'absence de modèle économique** ne permettant pas d'évaluer encore le retour sur investissement nécessaire pour assurer la pérennité de l'accélérateur.
  - **Depuis le dernier COPIL : Date de l'autorisation de démarrage de l'ASN**

# Démarche de l'analyse technique

► Développement d'un outil pour l'analyse des modes et effets de défaillances, à partir de la nomenclature :

➤ Eléments et identification

## Produit et son identification

descriptif	N° ordre	poutre	System	/	Group	/	element	.	number	-	sub élément	.	number	-	sub sub élément	.	number
------------	----------	--------	--------	---	-------	---	---------	---	--------	---	-------------	---	--------	---	-----------------	---	--------

➤ Fonctions et performances des éléments de la nomenclature, incluant les critères qui permettent de juger si la fonction est atteinte

## Fonctions et performances

A quoi sert-l'élément ?	Quelles sont les performances qu'il doit atteindre? (performances mesurables)	Quels sont les critères qui nous permettent de juger si la fonction est atteinte ou non ?
-------------------------	---	---

➤ Modes et effets de défaillance en fonction du statut de l'élément et en mode nominal

## Modes et effets de défaillance

Statut de l'élément (en cours d'intégration, installés et en cours de tests de fonctionnement, prêt à fonctionner)	Qu'est-ce qui pourrait ne pas aller ? (répondre selon le statut de l'élément)	Qu'est-ce qui pourrait ne pas aller ? (répondre en mode de fonctionnement de l'accélérateur et selon les cas présentés dans le commentaire)	Quels pourraient être les effets ?	Quelle est la gravité relative des effets ?	Gravité
--	---	---	------------------------------------	---	---------

➤ Causes

## Causes potentielles

Quelles pourraient être les causes ?	Comment peut-on détecter les effets de dysfonctionnements?	Quelle est la probabilité relative d'apparition des causes ?	Occurrence
--------------------------------------	--	--	------------

➤ Contrôles et Actions

Contrôles		Indice de Priorité des Risques	Actions		Résultats des actions			
Quelle est l'efficacité relative des contrôles mis en place ? Qu'avons-nous prévu pour voir les effets de dysfonctionnements ?	Non-détection		Qu'est-ce qu'on peut mettre en place pour réduire l'occurrence de la cause / améliorer la détection ?	Qu'est-ce qu'on a fait ?	Gravité	Occurrence	Détection	RPN



# Grille de cotations de l'analyse des risques techniques

## Gravité :

- 10 : Problème de sécurité des hommes
- 9 : Non-respect de la réglementation ASN
- 7-8 : Arrêt total de la fonction
- 5-6 : Mode dégradé de la fonction - impact important sur les performances de l'accélérateur
- 3-4 : Mode dégradé de la fonction avec un impact modéré et pour lequel il est possible de mettre en place une solution rapidement
- 2 : Mode dégradé au conséquence mineure
- 1 : Sans effet

## Occurrence :

- 9-10 : probabilité quasi-certaine d'apparition
- 7-8 : apparition déjà constatée de manière régulière
- 5-6 : pouvant apparaître ou déjà apparue
- 3-4 : apparue rarement
- 1-2 : jamais apparue ou très rarement

## Non-détection:

- 9-10 : aucun tests ni essais permettent la détection
- 7-8 : détection difficile
- 5-6 : les tests et essais réalisés/planifiés ne garantissent pas la détection
- 3-4 : la détection par les tests et les essais n'est pas certaine
- 1-2 : les tests et essais planifiés/réalisés permettent une détection certaine

Calcul de la criticité des performances :  
 $G \cdot O \cdot ND$

Risque critique :  $C > 320$

Risque à surveiller :  $64 < C < 320$

Risque acceptable :  $C < 64$



# Démarche de l'analyse technique

► Développement d'un outil pour l'analyse des modes et effets de défaillances, à partir de la nomenclature :

➤ Eléments et identification

Produit et son identification									
descriptif	N° ordre	poutre	System	/	Group	/	element	sub élément	number

➤ Fonctions et performances des éléments de la nomenclature est atteinte

Fonction	
A quoi sert-l'élément ?	la fonction

➤ Modes et effets de défaill-

Statut de l'élément				Gravité	
Quels pourraient être les effets ?	Quelle est la gravité relative des effets ?				

- 1) Sensibilisation à la méthode AMDEC
- 2) Utilisation en mode brainstorming pour identifier les risques liés aux éléments individuels ainsi que ceux liés aux interfaces.
- Risques identifiés pour une partie des éléments principaux.
- Manque de temps pour un grand nombre d'agents, priorité au démarrage à blanc
- Analyse de risques simplifiée

➤ Contrôles et Actions

Causes potentielles			Occurrence	
Comment peut-on détecter les effets de dysfonctionnements ?	Quelle est la probabilité relative d'apparition des causes ?			

Contrôles		Actions		Résultats des actions			
Quelle est l'efficacité relative des contrôles mis en place ? Qu'avons-nous prévu pour voir les effets de dysfonctionnements ?	Non-detection	Qu'est-ce qu'on peut mettre en place pour réduire l'occurrence de la cause / améliorer la détection ?	Qu'est-ce qu'on a fait ?	Gravité	Occurrence	Détection	RPN

# Suite de la démarche de l'analyse technique

- ▶ Identification des étapes principales du conditionnement et commissioning de ThomX.
- ▶ Attribution des objectifs/performances attendues à chaque étape.
- ▶ Liste des éléments ou fonctions mis en jeu durant l'étape du conditionnement/commissioning.
- ▶ Identification des risques attribués à chaque élément/fonction relatifs à l'étape, leurs causes potentielles, leur effet et les moyens de détection.
- ▶ Actions réalisées depuis le dernier COPIL, et plan de mitigations lié aux risques (sans cotation).
- ▶ Affectation des coefficients après mis en place des actions pour le calcul du risque brut et net – en cours de finalisation

# Identification des étapes principales du conditionnement et commissioning de ThomX

et

# Attribution des performances attendues

n	Etapes	Performances attendues	Pré-requis
0	<b>ASN Autorisation</b>		
1	RF gun conditioning	80 MV/ m, 3 $\mu$ s	ASN, SF6
2	LIL section conditionning	10 MV/ m, 3 $\mu$ s	no laser
3	1st electron beam 5 MeV, Q=10% Qn = 100 pC	5 MeV, 100 pC, 10 Hz	laser
4	1st electron beam 50 MeV straight line	50 MeV, 100 pC, 10 Hz	5 MeV
5	Electron transport to extraction line	100 pC to LE dump	kickers+septum installed
6	Installation pulsed magnets		racks + CC
7	Installation FP cavity		
8	FP cavity commissioning	finesse > 10 000, P>100kW	ampli alphannov 100 W
9	Linac restart : 50 MeV - 100 pC	100 pC to LE dump	roof closed, PSS tested
10	Pulsed magnets commissioning	e- in ring, e- to LE dump	machine restart
11	Ring first turn	> 1 turn	kickers+septum installé
12	Storage > 1000 turns (low charge) - RF off	> 1000 turns - 100 pC, 10 Hz	LIL section conditionning
13	Storage - RF On, > 10 000 turns	> 10000 turns - 100 pC, 10 Hz	
14	1st Compton Collisions	> 10 <sup>9</sup> ph / s	
15	Machine optimisation for stable beam	100 pC, 10 Hz, > 10 <sup>9</sup> ph/s	
16	making 1st experiment with users	100 pC, 10 Hz, > 10 <sup>9</sup> ph/s	
16	Optimisation linac up to max charge (Cu)	50 MeV, 500 pC ?, 10 Hz	
17	Optimisation ring	50 MeV, 500 pC > 10000 turns	
18	Optimisation Compton > 10 <sup>10</sup> ph/s	> 10 <sup>10</sup> ph / s	
19	making 2nd experiment with users	500 pC, 10 Hz, > 10 <sup>10</sup> ph/s	
20	Understanding the ring dynamics		
21	reaching 50 Hz	500 pC, 50 Hz	
22	Install new Cathode (Mg)	Mg cathode	vacuum break
23	electron beam straight line 1 nC	50 MeV, 50 Hz, 1 nC	
24	Increase ring charge (Mg)	50 MeV, 1 nC	
25	Increasing Compton flux (Mg)	> 10 <sup>11</sup> ph / s	
26	making 3rd experiment with users	1n pC, 50 Hz, > 10 <sup>10</sup> ph/s	
27	working on full user mode		

# Etape 1 : Conditionnement et Commissioning du canon RF

- ▶ Pré-requis : Autorisation ASN, Réseau SF6 opérationnel
- ▶ Objectifs attendus : Gradient de champ accélérateur de 80 MV/m dans le canon; Durée de l'impulsion RF : 3μs

Eléments / Fontions	Evts redoutés	Causes	Effets	Moyens de détection
Klystron	Pb de filament; Mauvaise longueur de pulse RF;	Vieillessement du filament ; Panne de jeunesse; Pb synchro;	Gradients max non atteints	Mesure du courant/tension du filament ; IHM synchro; chaîne interlocks
Amplificateur RF	Limitation de la puissance	Dysfonctionnement de transistors/amplis	Gradients max non atteints	Mesure de la puissance à la sortie de l'amplificateur; Chaîne interlocks
Modulateur	Disfonctionnement de la Haute Tension; pb de refroidissement	Elément de commutation défaillant; Alimentation HT en défaut; absence d'eau ou température trop élevée	Absence de RF selon la gravité; arrêt du modulateur => arrêt du klystron...	Mesure de la tension dans le klystron; IHM modulateur; ATK Panel; Chaîne interlocks
Réseau HF	Pb SF6; Perméabilité ou pollution de la fenêtre céramique; dysfonctionnement des moteurs de l'atténuateur / déphaseur	Fuite, endommagement suite à des claquages; Dysfonctionnement du moteur	Absence de RF; Si point de fonctionnement établi avant, réglage à la main	Niveau du vide; chaîne d'interlocks MPS; Retour IHM
Synchronisation	Dysfonctionnement/stabilité	Electronique défaillante	Equipement non synchrone, opération difficile ou	IHM . + signaux oscillo

# Etape 1 : Conditionnement et Commissioning du canon RF

Eléments / Fontions	Evts redoutés	Causes	Effets	Moyens de détection
Photocathode	Mauvais rendement quantique; Durée de vie faible	Cathode vieillissante	Emittance dégradée, charge limitée	Mesures faisceau systématiques
Moteurs solénoïdes	Motorisation défailante	Contrôle commande des moteurs à distance; moteur cassé, switch limit bloqué	Orbite dépendante des paramètres ; reprise de l' orbite nécessaire à chaque changement	retour état moteur tango, visualisation sur l'écran 1 du faisceau d'électrons
Solénoïdes, alimentations	Non atteinte des champs magnétiques attendus pour les solénoïdes	Charge trop élevée par rapport aux circuits de refroidissement; tuyau de refroidissement des conducteurs qui se bouche; mauvaise conception des bobines, problème de refroidissement lié au surpresseur	Surchauffe, déclenchement des vigithermes et arrêt de l' alimentation; Mode dégradé sur l' émittance et les twiss sortie linac	Mesure de la pression, mesure de la température , visualisation du faisceau d'électrons sur le premier écran YAG
Canon	Performance gradient; pb refroidissement	Conception, endommagement canon; dysfonctionnement du chiller	Limitation du gradient; Performances faisceau dégradés; Pas de réglage HF canon	Calibration RF, mesure énergie steerer en sortie du canon; Retour T° du chiller sur l' IHM
Infrastructure	Coupures électriques récurrentes, Pb de régulation de la T°	Défaillance de la maintenance de l'échangeur du groupe froid	Pannes d'éléments sensibles (moteurs, laser...); Déclenchement des vigithermes des solénoïdes	Vigithermes

Eléments	Ce qui a été fait depuis le dernier COPIL	Ce qu'il reste à faire / ce qui pourrait être fait
Klystron	/	Contrat de maintenance SAV + achat de switch pour la commutation de la HT
Modulateur	Tests sur charge RF des 2 klystrons + Tests avec la sécurité matérielle sans RF	Contrat de maintenance et ligne SAV; Test avec RF après accord ASN
Réseau HF	Tests et montage des guides d'ondes HF; Tests de refroidissement; Etanchéité du réseau suite à une légère fuite au montage	Finalisation de la mise au point du SF6
Synchronisation	Réglage de la largeur RF, et des différents retards RF testé; Déploiement de la synchronisation entre l'igloo et D1	Valider le chronogramme
Vide	Synoptique, RGA testé, retour jauge près du canon; Tests de C&C des vannes, validation des interlocks	prévoir le signal jauge canon au niveau de la baie 17
Photocathode	Mise en place de la cathode définitive pour le conditionnement	/
Solénoïdes, moteur et alimentations	Tests des moteurs des solénoïdes; Raccordement hydraulique des clarinettes principales des solénoïdes; Refroidissement des alimentations; réglage des coefficients PID pour la stabilité des alimentations; Tests d'isolement des alimentations ; Tests de la connectique; achats de spares des composants des alimentations	Tests préliminaires en local, retour état moteur Tango, visualisation sur l'écran 1 du faisceau d'électrons; Régler les seuils du surpresseur et intégrer le réducteur de pression. Tests de tenue en courant et en température des solénoïdes et du circuit de refroidissement; achat de tiroirs spares pour les alimentations des solénoïdes
Canon	Alignement du laser avec la cathode trouée	Mise en place de thermocouples; Visualisation de la T° des Pt100 en salle de contrôle dans les IHM
Infrastructure	Modification du réseau électrique par Schneider	Achat de détecteurs de fuite d'eau en D1 et igloo
Radioprotection / Sécurité	Système de contrôle de renouvellement d'air dans la casemate ThomX connecté au PSS; Installation du faux plancher en D1; Tests des arrêts d'urgence avec la société ELECTRON; Installation des caméras de surveillance (casemate et toit)	/

## Etape 2 : Conditionnement et Commissioning de la section accélératrice

- ▶ Pré-requis : Idem Etape 1
- ▶ Objectifs attendus : Gradient de champ accélérateur de 12 MV/m dans la section; Durée de l'impulsion RF : 3µs

Eléments / Fontions	Evts redoutés	Causes	Effets	Moyens de détection
Section accélératrice	Claquages; limitation de la puissance à l'entrée; disponibilité de la section	Problème physique : Auto-émission électronique initiée par l'émission secondaire, l'émission de champ et la thermo-émission; Problème chimique : recombinaison sur la surface par oxydation, dopage, nettoyage, contamination chimique, chimie des dépôts; Mauvais alignement; Retour de la section à SOLEIL	Limitation énergie; retard sur le projet	Mesure de la puissance réfléchie; Visualisation sur l'IHM
Radioprotection/ Sécurité	Problème de configuration/ programmation du PSS Dysfonctionnement du PLC Dysfonctionnement de détecteurs/actionneurs	Mauvaise configuration du programme du PLC Dysfonctionnement matériel	Restriction de l'entrée des agents dans certaines zones; Arrêt du champ accélérateur; Présence de personnes dans une zone d'irradiation; Dépassement des doses limites réglementaires	Auto-contrôle permanent de l'ensemble du PSS par le PLC Tests de validation du programme et de la configuration du PLC (initiale et en cas de modification du programme) Vérification semestrielle du bon fonctionnement du PSS Accès protégé à la baie du PLC et modification du programme restreinte (1 agent)



## Etape 2 : Conditionnement et Commissioning de la section accélératrice

- ▶ Pré-requis : Idem Etape 1
- ▶ Objectifs attendus : Gradient de champ accélérateur de 12 MV/m dans la section; Durée de l'impulsion RF : 3 $\mu$ s

Eléments / Fontions	Ce qui a été fait depuis le dernier COPIL	Ce qu'il reste à faire / ce qui pourrait être fait
Section accélératrice	/	Scénario d'upgrade à décider et mettre en œuvre; Tests avec puissance HF pour déterminer les seuils éventuels de claquage dans la limite de la puissance HF disponible et le taux d'émission de champ; Tests avec faisceau permettant de déduire à partir de l'énergie des électrons accélérés, l'amplitude exacte du champ électrique ainsi que les seuils de claquage liés à l'effet d'un faisceau (création de champ électromagnétique sur des modes parasites de la structure => modification des conditions de champ électrique sur les parois)
Radioprotection / Sécurité	Achat de pièces disponibles	Achat de pièces de rechanges supplémentaires

## Etape 3 : 1er faisceau d'électrons 5 MeV, Q = 10%, Qn = 100 pC

- Pré-requis : Laser opérationnel; Objectifs attendus : Energie de 5 MeV; Charge de 100 ps; fréquence de répétition : 10 Hz

Eléments / Fontions	Evts redoutés	Causes	Effets	Moyens de détection
Laser	Laser en panne ; Instabilité de l' amplitude, de la phase et de la position du laser; difficulté de synchro. de l' oscillateur avec le signal HF;	Défaillance d' un ou des composants du laser	Pas de faisceau, ou mode dégradé (charge, émittance)	ICT, mesures systématiques sortie canon
Steerer/ Alimentations	Dysfonctionnement Steerer/Qpole; Carte réseau Profibus HS; carte électronique défailante	Défaut d'isolement; Fragilité de la connectique de la carte profibus; conception de la carte	Impossibilité de correction d'orbite, et de mesure de l'énergie sortie LINAC; Absence de pilotage par IHM	Visualisation des états par IHM
ICT / Faraday / BPM	Dysfonctionnement du diag.	Endommagement du au rayonnement, ou erreur humaine	Info réduites sur l'état du beam	Visualisation des signaux en Sdc
Visualisation du faisceau	Dysfonctionnement des moteurs des caméras	Défaillance des moteurs	Absence de réglage possible avec les écrans. Réglage uniquement avec les BPMs => Absence d' optimisation et allongement du temps de commissioning	IHM
Radiopro. / sécurité	Dysfonctionnement du réseau intranet, du lecteur de DOP; Faux positifs Mesures de doses non concordantes avec les mesures en continues ou ponctuelles; Dysfonctionnement du système de surveillance radiologique	Interférence avec les ondes EM; Mauvaise utilisation des DOP par les agents; Faibles performances de fct des DOP	Impossibilité de mettre en œuvre la DOP; Restriction/impossibilité de rentrer ds l'igloo; Sous-évaluation/sur-évaluation de l'exposition des agents; Difficulté d'intervention des agents; Dépassement des limites de doses réglementaires...	Réglages de pré-alarmes de dose intégrée/débit de dose; Rex des agents; Vérification annuelle des DOP; Supervision des résultats par les PCR...

Éléments	Ce qui a été fait depuis le dernier COPIL	Ce qu'il reste à faire / ce qui pourrait être fait
Laser	Tests de réglage laser	Contrat de maintenance SAV avec Amplitude
Steerer/ Alimentations	Ajout de 2 alimentations pour les steerers, tests isolement, test profibus, test IHM refroidissement hydraulique	
ICT / Faraday / BPM	Etalonnage des câbles (ICT et puissance HF); validation du PSS; Tests de l'électronique Libéra, DS Libera OK, Rédaction et tests du DS Diags/CC	DS bas niveau à améliorer; prévoir fermeture vanne pour mesure du bruit RF sur la mesure du courant d'obscurité; Achat de pièce de rechanges pour les éléments critiques; Connectique à la baie + test libera; Achat de pièce de rechanges pour les éléments critiques
Photodiode	/	prévoir un élargissement (filtre passe bas) et atténuation du signal (diminuer le prélèvement (13/09), PB bruit sur le signal, prévoir wavecatcher en baie 5 ou remote scope
Infrastructure	/	Travaux d'étanchéité des toitures D1, D2, D3, D4 et du ravalement de l'igloo
Radioprotection	Formation d'une partie des utilisateurs Pré-alarme configurée pour le démarrage Pièces de rechanges disponibles	Formation de tous les utilisateurs Mise en place de pré-alarme pour détecter des déviations faibles Achat de pièces de rechanges restantes Raccordement SSI->PSS et SSI-> Poste de garde de l'université

## Etape 4 : 1er faisceau d'électrons 50 MeV jusqu'au premier beam dump Q = 10%, Qn = 100 pC

- ▶ Pré-requis : étape 3
- ▶ Objectifs attendus : Energie de 50 MeV; Charge de 100 ps; fréquence de répétition : 10 Hz

Eléments / Fontions	Evts redoutés	Causes	Effets	Moyens de détection
Qpole	Dysfonctionnement de l'équipement	Défaut d'isolement	Impossibilité de mesure de l'émittance par les 3 gradients	Visualisation IHM
Alimentations	Carte réseau Profibus HS; carte électronique défailante	Electronique défailante	Absence de champ dans le Qpole	Visualisation en local, et IHM

Eléments / Fontions	Ce qui a été fait depuis le dernier COPIL	Ce qu'il reste à faire / ce qui pourrait être fait
Alimentations Qpoles	Tests d'isolement des alimentations ; Tests de la connectique; Tests Profibus; achats de spares des composants des alimentations	Achat d'alimentations spares

# Synthèse & Conclusion

- ▶ Analyse de risques réalisées pour les étapes du 1 à 5, 7 à 9, 11 et 14 à partir :
  - De l'expérience du groupe de travail
  - Des thèses/documents (thèse Candela, 2 miles accelerator SLAC...) et REX des synchrotrons dans le monde (Workshops Reliability synchrotrons, formations IN2P3)

n	Etapes	Performances attendues
0	<b>ASN Autorisation</b>	
1	RF gun conditioning	80 MV/ m, 3 $\mu$ s
2	LIL section conditioning	10 MV/ m, 3 $\mu$ s
3	1st electron beam 5 MeV, Q=10% Qn = 100 pC	5 MeV, 100 pC, 10 Hz
4	1st electron beam 50 MeV straight line	50 MeV, 100 pC, 10 Hz
5	Electron transport to extraction line	100 pC to LE dump
6	Installation pulsed magnets	
7	Installation FP cavity	
8	FP cavity commissioning	finesse > 10 000, P>100kW
9	Linac restart : 50 MeV - 100 pC	100 pC to LE dump
10	Pulsed magnets commissioning	e- in ring, e- to LE dump
11	Ring first turn	> 1 turn
12	Storage > 1000 turns (low charge) - RF off	> 1000 turns - 100 pC, 10 Hz
13	Storage - RF On, > 10 000 turns	> 10000 turns - 100 pC, 10 Hz
14	1st Compton Collisions	> 10 <sup>9</sup> ph/s

- ▶ Il reste à compléter l'analyse des étapes restantes jusqu'à l'utilisation de la cathode en Magnésium et à coter l'analyse complète.

# Synthèse & Conclusion

- ▶ En première approche, et en sus de la date de l'accord de l'ASN et du prêt de la section LIL, les risques critiques techniques portent sur :
  - La fiabilité du laser du canon RF (pannes récurrentes); le fonctionnement des éléments pulsés (pas d'expert en interne); le laser OneFive de la cavité FP (Rachat de l'entreprise, pérennité du développement ?), la puissance de l'ampli alphanov (niveau et stabilité sur une période de shift ?; 600kW ) 1MW => puissance jamais atteinte encore dans le monde, état de l'art => Atteinte du flux nominal de ThomX ? ); les miroirs de la cavité FP (tenue des miroirs à puissance nominale ?).

Les risques à surveiller portent sur :

- La tenue en température des solénoïdes; Régulation de la T° ; la corrosion des éléments en cuivre (eau déionisée + cuivre + rayonnement) et du circuit de refroidissement; les coupures électriques intempestives (ON/OFF brutal => pannes); les besoins évolutifs en développement informatique (DS et IHM); les vigithermes des dipôles (liquéfaction du caoutchouc sous l'effet du rayonnement => courant de fuite => déclenchement interlocks); la tenue de l'électronique (diags) aux rayonnements; le fonctionnement de la cavité FP dans l'environnement de ThomX (tenue aux radiations).
- ▶ Sensibilisation à l'analyse de risques techniques et à son utilité pour l'anticipation et l'évaluation exhaustive des actions à mettre en place pour le démarrage et le fonctionnement nominal, pour la mise en place du plan de maintenance préventive et corrective, et la capitalisation de l'expérience acquise sur ThomX.
- ▶ Finalisation de l'analyse pour le COPIL de ThomX le 13 Décembre

Je vous remercie pour votre attention





# Liste des événements redoutés externes/internes, leurs causes, les effets potentiels, les actions mises en œuvre et les résultats obtenus

## Événements redoutés externes :

#	Classe de risques	Interne / Externe	Événement redouté	Causes	Effets potentiels	Action mise en œuvre pour limiter/supprimer	Résultats obtenus
001	Réglementaire	Externe	Retard de l'obtention du déclassement INB de l'Igloo	Retard du traitement du dossier	Retard travaux bâtiment	Mise en place du suivi du dossier par l'UDIL	Déclassement INB en dec 2015
002	Réglementaire	Externe	Retard de l'autorisation ASN	Envoi du dossier d'autorisation de fonctionnement tardif	Retard pour le démarrage	Mise en place d'une organisation pour le lot Radioprotection : Iglex, suivi dossier, formations...Echanges avec l'IN2P3	Envoi du dossier ASN en nov 2018, Attente de l'autorisation de démarrage pour les recettes
003	Financier	Externe	Non obtention de la totalité du budget ANR demandé pour le projet ThomX	Distribution des financements ANR revue à la baisse pour le projet ThomX	Remise en cause de certains développements techniques pour diminuer le budget	Etudes techniques réévaluées - compromis ambition/réalité - Proposition de financement des missions par chacun des partenaires	"Coupe" de 30%, suppression du budget mission
004	Financier	Externe	Absence de financement du bâtiment	Non prise en cause du budget infrastructure dans les demandes ANR et SESAME	Coupe du budget machine, choix techniques au rabais	Demande globale d'un CPER (pas que Iglex)	Obtention du CPER et distribution de 2 M€ pour la réhabilitation de l'IGLOO, Gestion de ce budget par le CNRS
005	Stratégique	Externe	Retrait du soutien des tutelles	Changement de stratégie des tutelles entre le passage des 3 Directions	Diminution du budget, de l'attribution des RH, arrêt du projet	Développer d'autres collaborations, Rechercher d'autres sources de financements pour les missions, Renforcer le soutien des tutelles	Soutien des tutelles pour les FTE dédiés à ThomX
006	Stratégique	Externe	Remise en cause de l'intérêt de ThomX	Concurrence de projets avec des objectifs similaires, Développement d'autres moyens d'investigations RX (Lyncean, machine Compton, LINAC Supra à haute Cadence, ...)	Arrêt du projet	Veille technologique et Suivi du planning appuyé	Visite des concurrents (modèle économique, difficultés techniques, utilisateurs...)
007	Stratégique	Externe	Concurrence des autres sources de lumières	Upgrade des synchrotrons (ex. ESRF, SOLEIL), autres machines en fonctionnement (Munich...) permettant la production de Rx à 100 keV	Arrêt du projet	Veille technologique	Etude de l'upgrade de ThomX en cours
008	Social / Organisation	Externe	Absence/Démotivation des utilisateurs	Fluctuation de la date de démarrage de ThomX, Performances non atteintes	Pas d'avenir pour ThomX au-delà de l'Equipex	Organisation de workshops, participation à des conférences, rayonnement national et international	Workshop Utilisateurs au LAL en 2016 et 2020, Conférences...
009	Stratégique	Externe	Manque de disponibilités des ressources humaines	Utilisation des mêmes ressources sur les autres projets, période de refondation de 5 laboratoires de la vallée (participation aux WP...)	Retard sur le planning, arrêt projet	Arrêt du projet PRAE, Priorisation de ThomX	Soutien de la Direction du LAL
010	Technique	Externe	Défaillance des fournisseurs	Rachat (ex. : Méga industry racheté par Tech Inter pour l'atténuateur/déphaseur), Dépôt de bilan (ex. : Photonetics pour le détecteur RX), Retard livraison (Chambre à vide (+1 an), aimants pulsés (+2 ans), guide d'ondes (+2 mois)...)	Retard sur planning	Mise en place de garanties marchés, Développement de plan B pour réalisation, Mise en place de pénalités marchés, Rappel des engagements	Soutien des partenaires pour la définition de plan B, Soutien de la DR4, Implication plus forte des industriels, Livraison du matériel
011	Management	Externe	Retard dans le planning du projet	Restructuration de laboratoire partenaire, Turn over	Disparition des compétences et des responsables (ex. : Chgmt de Direction au CELIA => Retrait du Resp. dans le projet, Chgmt au SPV de la DR4 et à la Délégation de Meudon => Retard dans le traitement de dossier), Dérive du planning	Suivi, discussion, bilan des RH, alternatives industrielles	Externalisation pour l'amplificateur laser

#	Classe de risques	Interne / Externe	Événement redouté	Causes	Effets potentiels	Action mise en œuvre pour limiter/supprimer	Résultats obtenus
012	Management	Interne	Retard du projet	Inorganisation - Difficulté de communication	Dérive du planning	Définition des responsabilités et missions	Mise en place de réunions hebdomadaires de suivi et de réunions à thèmes
013	Management	Interne	Retard du projet	Sous estimation du volume de travail (ex. : logistique, ...)	Dérive du planning	Mise en place des plannings par Responsables des Sous-Systèmes, Intervention externe...	Machine Protection System : volume câblage revu, déplacement de l'automate ds nouvelle baie
014	Management	Interne	Retard du projet	Non - prise en compte des co-activités	Dérive du planning	Mise en place d'un OPC, d'une équipe de suivi, et de réunions de planning	Echec de la mission de DAHER
015	Management	Interne	Retard du projet	Manque de compétences (aimants, expert anneau, expert alimentations, fluides, câblages...)	Dérive du planning	Demande aide aux autres services, CDD, embauches, transfert de savoir-faire	Embauche magnétique (CV), Embauche expert anneau (IC), Aide pour câblage final (Serdi)
016	Management	Interne	Retard du projet	Perte de compétences (turn-over personnel, départs, retraites...induisant une perte de la culture machine, des lots orphelins, ou devenu orphelin suite départ (ex : Infrastructure, ingénieur sécurité...))	Dérive du planning	Anticipation des marchés, lien plus fort avec l'administration, anticipation départ, apprentissage des compétences perdues par transfert de savoir-faire avec les partenaires du consortium	Transfert de savoir-faire entre les partenaires et le LAL, "dépassement" des fiches de postes des agents pour combler les manques
017	Management	Interne	Retard du projet	Collaborateurs et partenaires sur des projets multiples	Dérive du planning	Rappel des priorités, des engagements	
018	Management	Interne	Retard du projet	Démotivation des collaborateurs, trajectoires professionnelles de chaque catégorie professionnelle différente...	Dérive du planning	Evenement collectif, rappel des enjeux, des priorités, promotions	Réunions annuelles, workshops, prise en charge des conférences
019	Management	Interne	Retard du projet	Incompatibilité de caractères	Dérive du planning	Rappel des enjeux, des priorités, médiation, gestion de conflits	Implication technique des chercheurs
020	Management	Interne	Retard du projet	Lot orphelin, limites mal définies entre sous-systèmes	Dérive du planning	(pas d'ingé système au début), montée en puissance du role du coordinateur technique, lieux d'échanges	Mise en place de sous-systemes transversaux, MPS, responsable de Baie, nettoyage ions/BPM
021	Management	Interne	Retard du projet	Non respect des priorités fixées par la Direction (travail moins intéressant, pas de sentiment d'urgence)	Dérive du planning	Rappel des enjeux, des priorités, médiation avec chef de service	
022	Management	Interne	Retard du projet	Ressources matérielles non disponibles (Atelier du laboratoire)	Dérive du planning	Revue des projets du Depacc, priorité donnée à ThomX	Externalisation des ébauches canons RF, ré-organisation atelier FLUO
023	Management	Interne	Retard du projet	Démotivation, Non reconnaissance du travail effectué (technique (câblage...)) et fonctionnement (opérateur...) dans les carrières ITA et chercheurs	Dérive du planning	Proposition pour primes, promotion	
024	Management	Interne	Retard du projet	Absence de revue des jalons	Dérive du planning	Mise en place de réunions, revues	Réunion, planning, COPil, MAC, reunion interne par SS, conseil SCI, suivi direction,...
025	Management	Interne	Retard du projet	Difficulté de gestion des absences : missions, vacances, arrêt maladie	Dérive du planning	Mise en place de doublons de responsabilité et de compétences	Doublons sur tous les sous-systèmes exceptés aimants pulsés, aimants et alimentations, sécurité matériel, opérateurs
026	Management	Interne	Difficulté à faire fonctionner la machine	Distribution des ressources humaines sur d'autres projets	Fonctionnement dégradé de ThomX	Demande de continuité de la priorité ThomX	
027	Management	Interne	Retard du projet	Faible culture de la Qualité et de la gestion de projets (traçabilité, procédures, ...)	Dérive du planning	Embauche d'un CDD (AV)	Suivi pendant 3 ans
028	Management	Interne	Faible visibilité du projet en National et International (peu d'utilisateurs)	Absence de couple de resp. Technique/Scientifique	Mauvaise définition de la stratégie post-Equipex	Nomination d'un Responsable à faire rapidement	
029	Technique	Interne	Retard du projet	Changement technique majeur dans le projet (taille anneau modifiée suite à difficulté d'intégration)	Dérive du planning	Mise en place de réunions spécifiques, étude d'impacts, et communication	Modification de la taille de l'anneau pour permettre son intégration
030	Technique	Interne	Retard du projet	Retard de la livraison d'équipements (absence de plan de qualification des fournisseurs et des sous-traitants)	Dérive du planning	Suivi serré des fournisseurs, intervention de la DR4	Brainstorming pour solution interne, rappel des enjeux au fournisseur, rappel des engagements
031	Technique	Interne	Difficulté à faire fonctionner la machine	Manque d'expériences en commissioning machine	Non-atteinte des performances, dérive du planning	Mise en place de collaborations (INFN, ...)	
032	Technique	Interne	Performances non atteintes (Flux nominal de 10^11 Rx/s)	Puissance laser < 100 kW, QPI < 1 nC	Intérêt limité des utilisateurs	R&D Fabry Perot et Dynamique Faisceaux, Réalisation d'un prototype	Compréhension des effets collectifs (Thèse A. Gamelin) et des limitations thermiques - Tests validant le prototype
033	Technique	Interne	Retard du projet	Retard de la fabrication des aimants impliquant le retard des mesures magnétiques et l'indisponibilité des bancs de mesures de SOLEIL	Dérive du planning (retard de l'intégration des aimants)	Achat d'un banc de mesures magnétiques au LAL et développement de collaborations avec ALBA, Acceptation de SOLEIL pour mesures échantillons	Aimants mesurés dans les spécifications et dans le planning
034	Stratégique	Interne	Manque de budget pour le fonctionnement de ThomX après l'EQUIPEX	Budget EQUIPEX terminé en 2021	Arrêt de la machine	Recherche de nouveaux financements (valorisation, intégration dans un réseau d'utilisation des plateformes (ex: e-RHIS), LabeX PZIO...)	
035	Stratégique	Interne	Arrêt de la machine	Implication industrielle faible, absence de valorisation	Absence de ressources financières	Collaboration avec la SATT, Mise en place d'un bureau de partenariats	Etude de marchés de ThomX
036	Réglementaire	Interne	Retard du projet	Procédure de traitement des marchés publics nécessitant des allers et retours ainsi que des temps de latence	Dérive du planning	Anticipation des marchés, Renforcement des liens avec l'administration (Délais à respecter pour le Appel d'Offres à anticiper)	Passage de marchés DR4 plus fluide (ex. : SigmaPhi, PMB, source RF, aimants,...)