



Organisation Européenne pour la
Recherche Nucléaire
Contre-rendu de brainstorming
Numéro EDMS : 1699039



Compte-rendu du brainstorming

Vendredi 3 Juin 2016 (N°3)

Participants:

Anna, Hélène, Jakub, Kamil, Marek, Mateusz, Mathieu, Michael, Michel, Thibault, Vivien
(rédacteur)

Agenda:

- *Installation d'un fil tendu à distance*

Légende:

Texte ou figure grisé : Ancien brainstorming

Texte ou figure coloré : Contre-rendu du dernier brainstorming

Prochain Brainstorming :

A définir.

Sommaire

I. SUJET 1 : INSTALLATION D'UN FIL TENDU À DISTANCE	3
A. RETOUR LHC.....	3
B. INSTALLATION DU FIL (DEROULER LE FIL).....	4
1. <i>Fil traversant les capteurs</i>	4
➤ Fil inerte à l'intérieur	4
➤ Utilisation de bras articulés sur un rail parallèle au fil.....	5
2. <i>Fil installé dans une goulotte parallèle</i>	6
➤ Principe.....	6
➤ Déroulage du fil dans les goulottes par un véhicule	7
➤ Magasin de fils avec plusieurs fils tendus	7
➤ Système pistolet	8
3. <i>Conclusion</i>	9
➤ Le fil	9
➤ Le capteur	9
C. MISE SOUS TENSION.....	10
D. PROTECTION DU FIL.....	10
E. DIVERS	10
1. <i>Nettoyage du capteur</i>	10
2. <i>Nettoyage de la goulotte</i>	10
II. SUJET 2 : COLLIMATEUR	11
A. SYSTÈME MÉCANIQUE POUR DÉPLACER LES COLLIMATEURS	11
3. <i>Nouveaux collimateurs (proche d'Atlas et CMS)</i>	12
4. <i>Collimateurs existants (Secteur 3 et 7)</i>	12
B. CONTRÔLE DE L'ALIGNEMENT.....	12
5. <i>Nouveaux collimateurs (proche d'Atlas et CMS)</i>	12
6. <i>Nouveaux collimateurs (autre)</i>	12
➤ Utilisation de fils tendus et d'un train (micro-triangulation)	12
➤ Utilisation d'un laser (type Lambda).....	12
7. <i>Collimateurs existants (Secteur 3 et 7)</i>	12
III. SUJET 3: NOUVEAU BANC DE LINÉARITÉ.....	13
A. CAHIER DES CHARGES	13

I. Sujet 1 : Installation d'un fil tendu à distance

En raison des fortes radiations prévues dans le LHC dans quelques années, l'installation des fils tendus nécessaire à l'alignement précis des composants proches des expériences devra se faire à distance afin d'éviter une intervention humaine dans le tunnel.

Les radiations vers l'aimant Q1 seront très fortes ce qui rend difficile l'accès. Côté Q5, les radiations seront moins fortes.

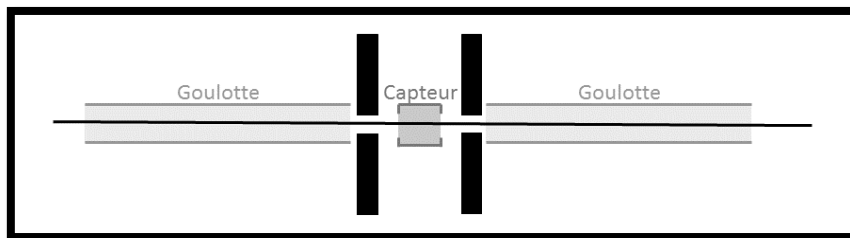
Une installation totale d'un fil tendu se compose de 3 étapes :

- ➔ *Installation physique du fil (Dérrouler le fil)*
- ➔ *Mise sous tension du fil (15 Kg)*
- ➔ *Protection du fil (Goulotte de protection à ouvrir et fermer)*

A. Retour LHC

Afin de mieux cibler ce qui sera possible et ce qui sera nécessaire pour l'installation d'un fil tendu à distance, un retour sur ce qui se passe dans le LHC est important. D'après les expériences de chacun, voilà ce qui en ressort :

- ➔ Quand un fil casse, il casse à plusieurs endroits et s'encastre dans les capteurs, ce qui peut engendrer des rayures sur les électrodes des capteurs WPS. Dans le LHC, des pièces ont été ajoutées afin de protéger les capteurs.



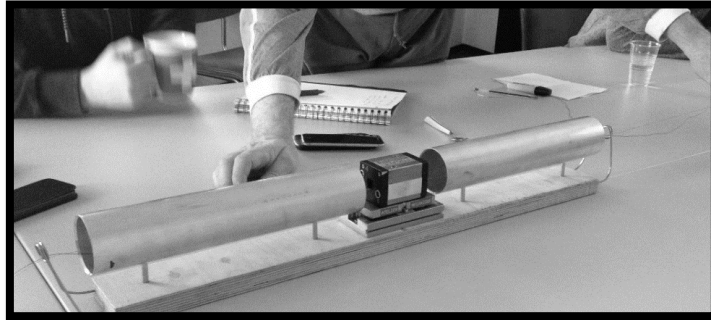
- ➔ L'espace entre ces pièces et le capteur doit être faible. Des courants d'air (dû à la ventilation) ont déjà été observés ce qui fait bouger le fil.
- ➔ Entre 2 capteurs plusieurs sections de goulottes sont nécessaires. Il est important que le lien entre ces sections soit le plus lisse possible et non coupant. Dans le TT1, des morceaux de Scotch lisses ont été mis entre les différentes sections.
- ➔ Dans le LHC, il y a beaucoup de poussière. Une goulotte est donc nécessaire.
- ➔ Cette goulotte doit être assez robuste, car beaucoup de personnes s'en servent pour accéder aux aimants.

B. Installation du fil (dérouler le fil)

Afin de dérouler le fil le long de la goulotte, plusieurs idées sont à l'étude. Deux idées principales se démarquent. Soit le fil sera déroulé en passant dans les capteurs soit une goulotte parallèle sera installée pour cette phase.

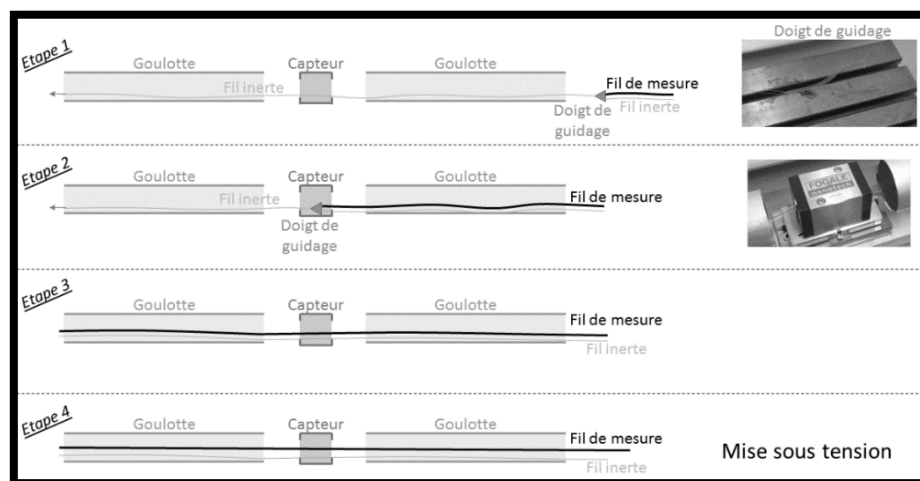
1. Fil traversant les capteurs

➤ Fil inerte à l'intérieur



Un fil inerte (non conducteur) serait installé en même temps que le fil de mesure (Carbone, Vectran ou autre). Deux fils (un fil inerte et un fil de mesure) seraient alors présents dans les goulottes et les capteurs. Le fil inerte ne serait pas tendu.

Si le fil de mesure est amené à casser, le fil inerte permettrait de tirer le nouveau fil le long de la goulotte et permettre ainsi son installation.



Inconvénients :

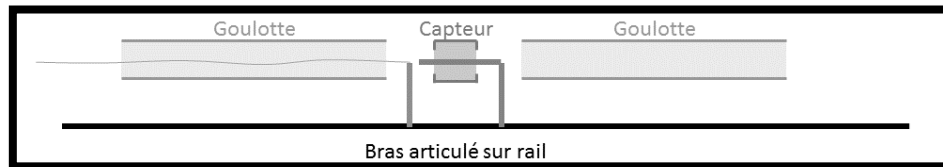
- Il y a un risque de friction du fil de mesure, notamment lorsqu'il traverse les capteurs.
→ Solution : Utilisation d'un fil monobrin (moins fragile).
- Le doigt de guidage peut abimer les électrodes du capteur.
- Les 2 fils ne doivent pas s'emmêler.
- Est-ce que le fil inerte n'a réellement aucun impact sur le capteur ?
→ Des tests ont été réalisés par Sylvain Mico il y a 3-4 ans montrant que la présence d'un fil inerte de type fil de pêche engendre peu d'impact sur la lecture du capteur (2-3 microns). Néanmoins des tests plus récents accomplis par Andréas Herty contredisent ces résultats et montrent des impacts plus importants. De nouveaux tests seraient donc à refaire.

Conclusion :

Cette solution présente plusieurs inconvénients dont certains difficilement résolubles. La traversée du capteur semble être délicate.

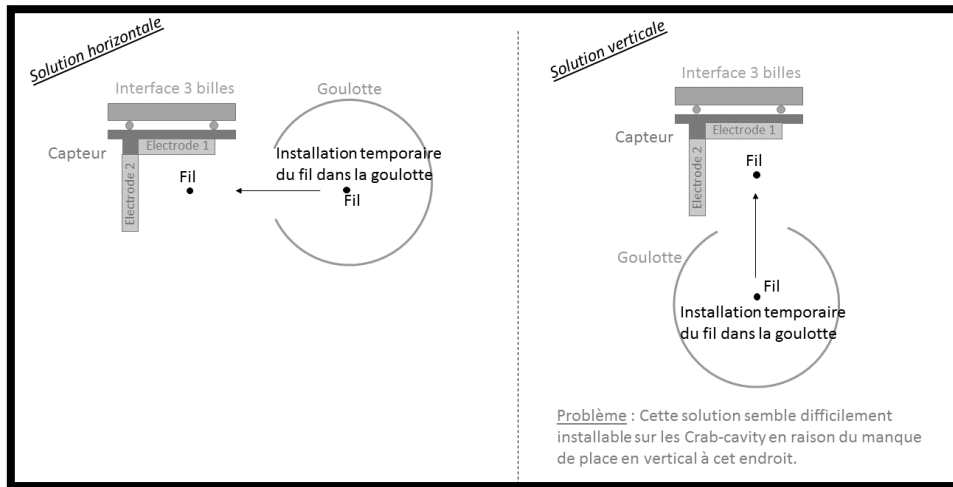
➤ Utilisation de bras articulés sur un rail parallèle au fil

Un rail serait installé parallèlement au fil et 2 bras permettraient de passer le fil à l'intérieur de chaque capteur.

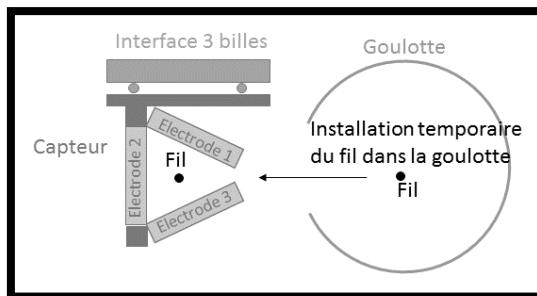


2. Fil installé dans une goulotte parallèle

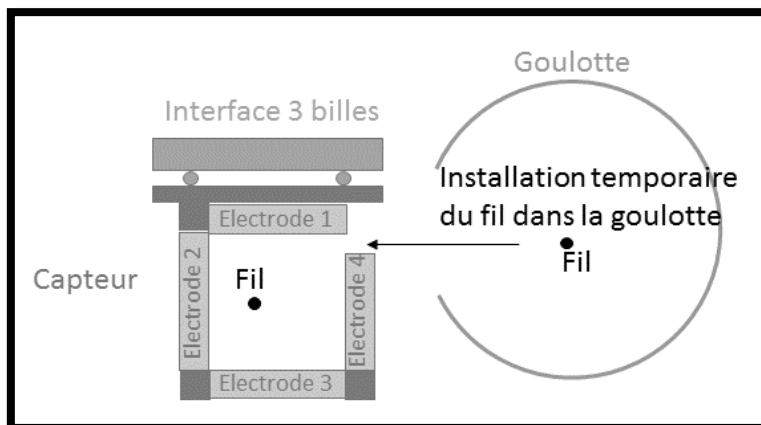
➤ Principe



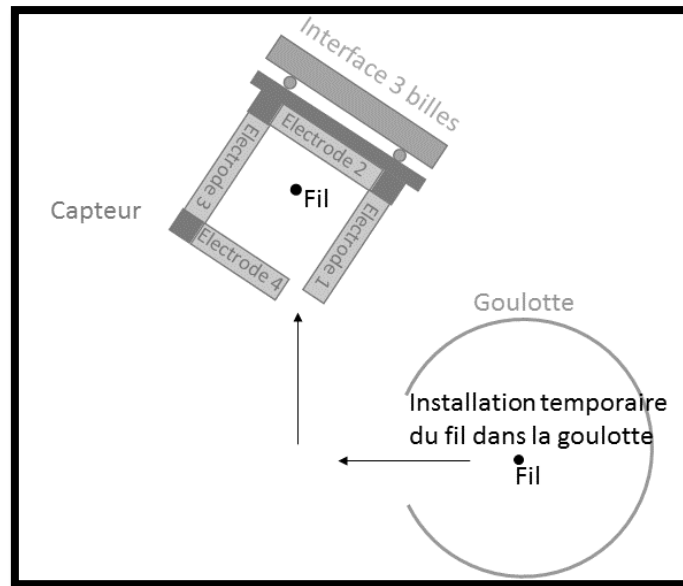
L'axe des goulottes serait décalé de l'axe des capteurs. Ainsi le fil ne traverserait pas les capteurs lors de l'installation du fil. Une fois tendu, le fil serait décalé en radial ou en vertical (difficile sur les Crab-cavity) pour être dans les capteurs. Ces derniers devront donc avoir une ouverture. Un capteur avec seulement 2 électrodes pourrait être utilisé. L'inconvénient d'avoir seulement 2 électrodes (une électrode par axe de mesure) est qu'il devient impossible de faire des mesures différentielles. Les mesures seront donc moins précises. Un capteur avec 3 électrodes peut également être utilisé mais le calcul différentiel semble être plus compliqué qu'avec 4.



L'utilisation d'un capteur avec 4 électrodes avec une ouverture est également possible :



De plus si l'ouverture est en bas, cela permettra de libérer le fil en cas de cassure.



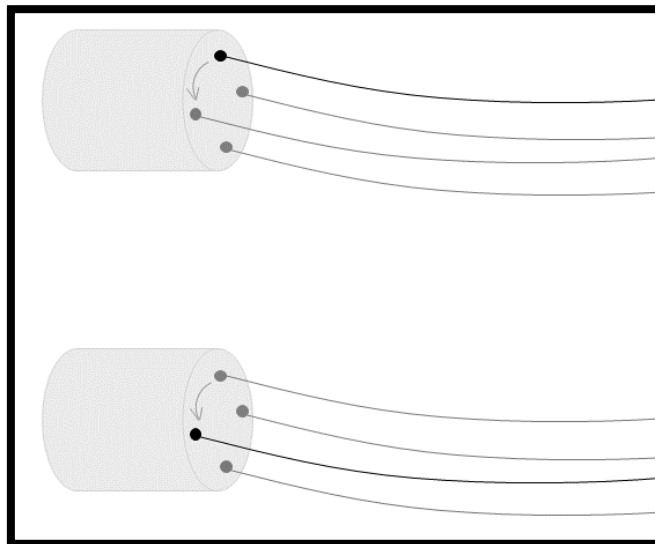
➤ [Déroutage du fil dans les goulottes par un véhicule](#)

Afin de dérouler le fil le long des goulottes, plusieurs solutions ont été proposées :

- ➔ Tiré par un véhicule télécommandé
- ➔ Utilisation d'une taupe
- ➔ Utilisation d'un train (véhicule déplacé le long d'un rail)

➤ [Magasin de fils avec plusieurs fils tendus](#)

Afin de ne pas à avoir à dérouler le fil à l'intérieur de la goulotte, l'idée d'installer plusieurs fils au début (magasin) a été proposée. En cas de rupture du fil, une rotation viendrait mettre en place un nouveau fil de mesure.



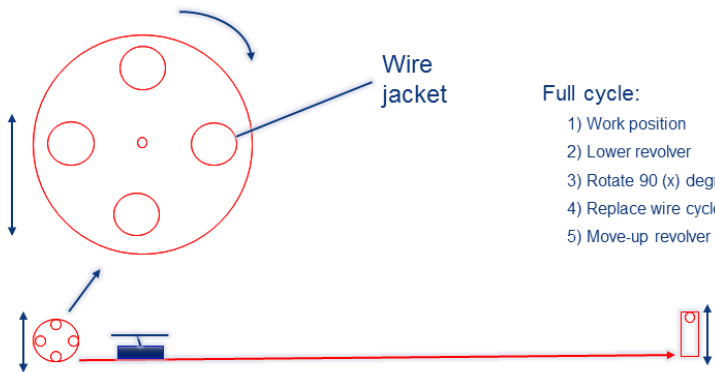
Le problème majeur d'installer plusieurs fils au début est que ces derniers vont vieillir avec le risque de s'abimer. De plus, l'ensemble des fils sera soumis aux radiations.

➤ Systeme pistolet

Plusieurs bobines de fil seraient installées sur des pistolets. Le système pistolet permettra également de monter le fil dans le capteur (ouvert).

Mechanism idea

- Revolver mechanisms with wire jackets
 - Hi reliability of mechanism needed
 - Solution with single moving motor with high movement and indexing mechanism preferred



Wire jacket

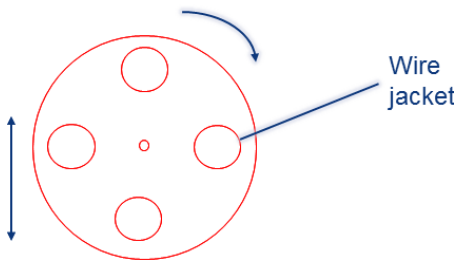
Full cycle:

- 1) Work position
- 2) Lower revolver
- 3) Rotate 90 (x) degree
- 4) Replace wire cycle
- 5) Move-up revolver to work position

- Additional requirements
 - Blocking of the revolver in parking/work position

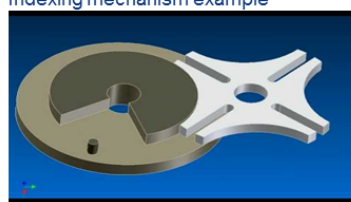
Mechanism idea

- Revolver mechanisms with wire jackets
 - Hi reliability of mechanism needed
 - Solution with single moving motor with high movement and indexing mechanism preferred



Wire jacket

Indexing mechanism example



- Additional requirements
 - Blocking of the revolver in parking/work position

Inconvénients :

- Il y a un risque de friction du fil sur la bobine lors du déroulage du fil. En effet, le Carbon Peak est fragile lors de la phase déroulage.
- Il faut une goulotte qui se situe dessous la ligne des capteurs. Pour les Crab-Cavity, nous ne sommes pas sûrs d'avoir la place.

3. Conclusion

Pour l'instant, nous sommes bloqués sur le fil en Carbon-Peek qui paraît trop fragile et la traversée des capteurs.

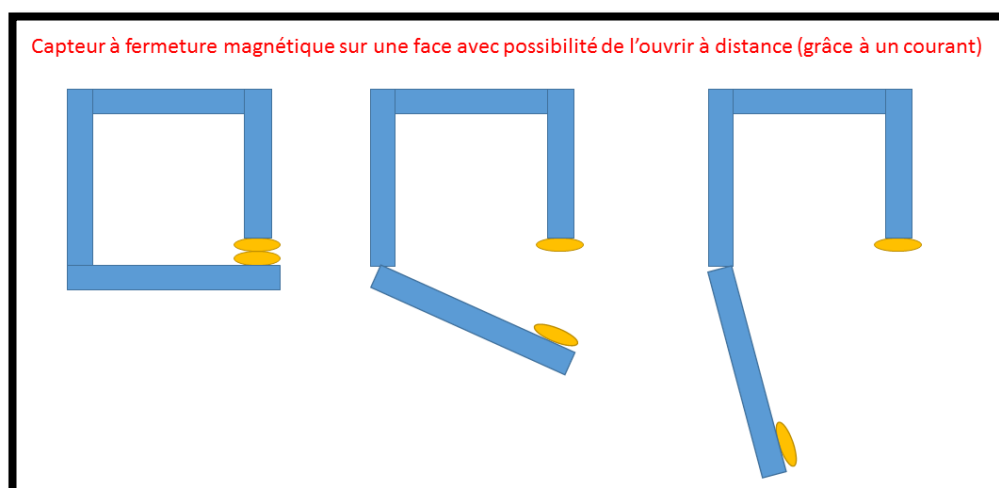
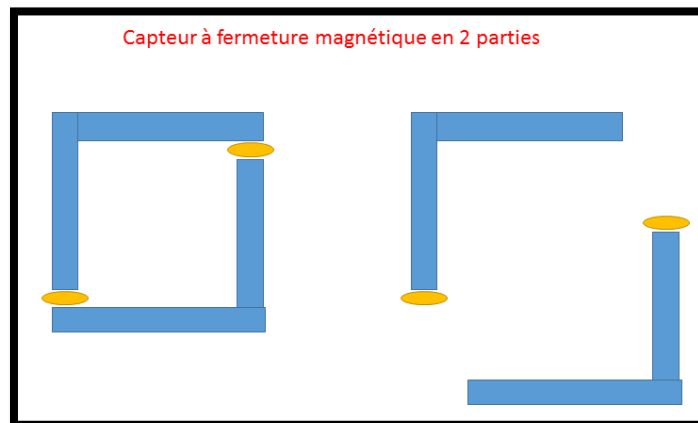
➤ Le fil.

En effet, le fil en Carbon-Peek semble trop fragile surtout lors de la phase « déroulage ». Il est nécessaire de travailler sur de nouveaux fils (exemple : fil SIC, fil Carbone Nanotube ou fil imprégné). Michael va commander certains échantillons de fils afin de les tester.

➤ Le capteur

La traversée du capteur est un réel challenge. Dans la majorité des solutions évoquées, le capteur est ouvert. Néanmoins à ce stade, aucune certitude ne certifie le bon fonctionnement d'un capteur ouvert. Des tests vont être réalisés par Kamil sur d'anciens capteurs 2 électrodes.

Des idées sur un capteur à fermeture magnétique ont également été abordées.



C. Mise sous tension

Le poids devra être remplacé. Plusieurs solutions ont été proposées :

- Ressort
- Vis avec un couple
- Moteur à capteur de force

D. Protection du fil

Le diamètre de la goulotte doit être défini (en fonction de la place disponible).

E. Divers

1. Nettoyage du capteur

Si on utilise un véhicule télécommandé ou une taupe, une soufflerie pourrait être installée sur celui-ci afin de venir nettoyer les électrodes du capteur.

2. Nettoyage de la goulotte

Si on utilise un véhicule télécommandé ou une taupe, un système de nettoyage pourrait être installé sur le devant de celui-ci afin de nettoyer la goulotte (type chasse-neige).

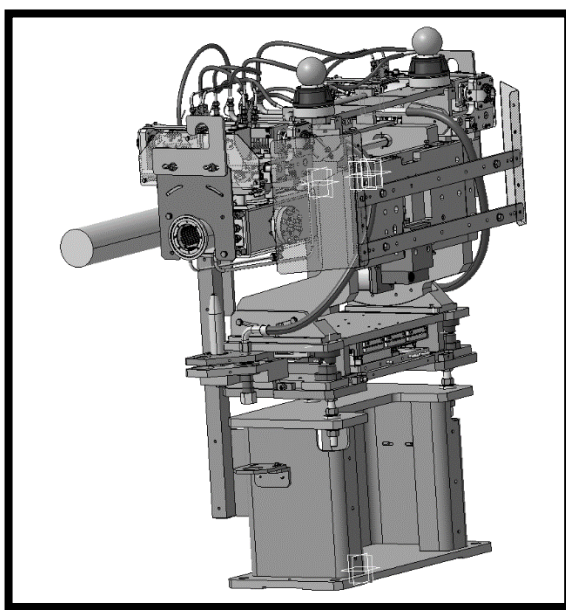
II. Sujet 2 : Collimateur

L'alignement des collimateurs dans le LHC est aujourd'hui très fastidieux et très long. En raison des fortes radiations prévues dans le LHC dans quelques années, l'alignement de ces derniers devra être trivial, rapide et précis. Il est donc important de développer :

- Un système mécanique plus simple à utiliser afin de déplacer les collimateurs,
- Une solution rapide et précise pour contrôler leur alignement.

Mathieu doit trouver des exemples montrant que la solution actuelle ne répond pas au cahier des charges.

De plus, un tube à vide vient contraindre certains déplacements.



A. Système mécanique pour déplacer les collimateurs

Voici le cahier des charges demandé pour l'alignement des collimateurs

- Le système doit soutenir un collimateur dont le poids est d'environ 300 kg.
- Course : +/- 20 mm
- Alignement à +/- 0.2 mm sur les fiducielles des collimateurs par rapport aux éléments principaux proches (les fiducielles des collimateurs sont distantes de 400 mm alors que l'élément mesure 1m20 → gros bras de levé)
- Roulis à +/- 0.050 mrad
- Eviter d'avoir des éléments en crabe. Aucune tolérance n'est réellement définie aujourd'hui sur le lacet.
- Alignement rapide (voir à distance). Aujourd'hui, plusieurs heures sont nécessaires pour l'alignement d'un collimateur.

Remarque :

L'alignement des collimateurs se fait aujourd'hui lorsque les composants sont chauds et non sous vide. Sachant que le refroidissement des composants et la mise sous vide peuvent entraîner des déplacements de plusieurs mm, l'alignement final des composants est inconnu.

3. Nouveaux collimateurs (proche d'Atlas et CMS)

Pour les nouveaux collimateurs, l'utilisation de cales pentées et de joints flexibles (Type DBQ support) semble être réaliste.

4. Collimateurs existants (Secteur 3 et 7)

Est-ce que l'utilisation de cales pentées et de joints flexibles est adaptable aux collimateurs existants ?

→ Plan du support et du collimateur doivent être envoyés à Mateusz

B. Contrôle de l'alignement

5. Nouveaux collimateurs (proche d'Atlas et CMS)

L'alignement sera effectué à distance grâce à l'analyse des données des WPS et des HLS disposés sur les nouveaux collimateurs sur les réseaux de fil tendu et d'eau existants proche d'Atlas et de CMS (Low-Beta).

6. Nouveaux collimateurs (autre)

➤ Utilisation de fils tendus et d'un train (micro-triangulation)

Deux fils tendus seraient installés (au plafond par exemple). Un train avec 2 wagons équipés de tachéomètres mesureraient la position du fil grâce à la méthode de la micro-triangulation.

Attention : Vérifier que la soufflerie n'engendre pas de problème avec les fils tendus.

→ Trouver un endroit pour les installer.

➤ Utilisation d'un laser (type Lambda)

7. Collimateurs existants (Secteur 3 et 7)

Pour le secteur 7, Patrick travaille sur un train de mesure (avec de la photogrammétrie sur fil tendu). Néanmoins cette solution nécessite une présence humaine afin d'installer le fil. De plus, un nivellement traditionnel devra certainement être réalisé pour le vertical (A vérifier).

Pour le secteur 3, les prévisions au niveau des radiations semble être moins importante (A confirmer). Cependant une solution similaire à celle étudiée au secteur 7 ou pour les nouveaux collimateurs pourrait être reproduite.

III. Sujet 3: Nouveau Banc de linéarité

Les fichiers de calibration des capteurs WPS installés dans le LHC sont ceux donnés par Fogale lors de l'achat de ces derniers. De nombreux capteurs sont installés depuis 2007-2008. Durant l'arrêt technique de Noël 2015-2016, il a été possible de démonter quelques capteurs et de les calibrer sur « notre » banc de calibration maison.

La différence entre les 2 jeux de données montre que les calibrations effectuées par Fogale ne sont pas satisfaisantes. Des non-orthogonalités de 8 milli-radians et des facteurs d'échelle de 3 μ m par mm ont été observés sur les fichiers de calibration de Fogale.

La majorité des capteurs installés dans le LHC ne peuvent pas être déplacés dans notre labo en raison de leur taux de radiation. Un banc mobile doit alors être créé afin de calibrer ces capteurs IN-SITU. Ce banc devra être prêt pour Octobre-Novembre 2016 afin d'être utilisable pendant l'arrêt de Noël 2016-2017. Il reprendra les principales caractéristiques du banc maison mais quelques améliorations sont nécessaires afin de faciliter les calibrations et d'éviter de passer trop de temps dans le tunnel.

A. Cahier des charges

- Utilisation d'une table à roulette avec le banc dessus.
- Utilisation de capteurs de référence → Oui
- Motorisation du banc → installé sur 2 tables distinctes (radiales et verticales)
La motorisation des tables sera installée sous la table.
- Installation du fil → Sur le banc actuel, l'installation du fil est trop longue. Michel réfléchit sur un nouveau système de blocage du fil (tenseur + rigole) afin de garder une répétabilité radiale (et verticale) du fil lors d'une nouvelle installation du fil (idem que banc actuel).
- Mise à la terre → Possibilité de mettre à la masse la roue ou le tenseur qui est en contact avec le fil.
- Longueur du banc → plus petit que le banc actuel afin de diminuer le poids
- Interface 3 billes → à conserver. Malgré le fait que les capteurs du LHC ne sont pas équipés d'interface 3 billes, une interface supplémentaire sera créée afin de faire le lien entre l'interface 3 billes et le capteur. Ce banc sera alors utilisable pour les capteurs CLIC (notamment pour les capteurs CLEX).
- Tension du fil → Utilisation d'un ressort + tensiomètre afin de remplacer le poids de 15 kg trop encombrants et difficilement transportable.
Deux autres solutions ont été abordées :
 - Utilisation d'une vis avec un certain couple (inconvenient : en cas de changement de température, le banc va se dilater et la tension du fil ne sera pas constante)
 - Utilisation d'un moteur à capteur de force (inconvenient : nécessité d'avoir un moteur de plus)

Remarques : Des tests sur l'impact de la tension sur les calibrations sont en cours afin de savoir si une tension de 150 N est nécessaire.

- Détente du fil → Le fil devra être détendu lors du déplacement de la table afin de minimiser les risques d'abîmer le fil.
- Fixation des capteurs :
 - Capteurs de référence : utilisation de la fixation grâce à la plaque vétronite installée sous le capteur.
 - Capteur à calibrer : A réfléchir. L'installation portail permet une répétabilité plus rapide. En effet, la fixation avec la plaque vétronite permet la même répétabilité

mais plusieurs tests de répétabilité sont souvent nécessaires avant de retomber 2 fois sur la même valeur.

- Protection du banc → Une coque de protection recouvrant l'ensemble du banc sera réalisée.
- Epaisseur du banc → des simulations avec une épaisseur de banc de 20 cm montrent des déformations inférieures à 4 microns pour un poids de 20 kg. Ces simulations ont été effectuées sur un banc avec 4 pieds.

Une autre solution a été abordée :

- Serrer le banc à la table puis le faire mesurer avec la table en métrologie. La table devra donc avoir des pieds qui se démontent afin de pouvoir installer la partie supérieure de la table + le banc sur le marbre de la CMM.
- Système d'acquisition des données des capteurs → Le même que sur le banc actuel pour commencer.
Un transmetteur sera nécessaire car plusieurs dizaines de mètres séparent le capteur de son électronique avec parfois un mur entre les 2.
- Emplacement du système d'acquisition des données des capteurs → A réfléchir