

RÉSUMÉ DE L'ANALYSE DE L'INCIDENT SURVENU LE 19 SEPTEMBRE 2008 AU LHC

Le 19 septembre 2008, lors des essais d'alimentation du circuit des dipôles principaux dans le secteur 3-4 du LHC, la défaillance d'une connexion électrique s'est produite dans une région située entre un dipôle et un quadripôle, ce qui a entraîné des détériorations mécaniques et une fuite d'hélium des masses froides des aimants vers le tunnel. Les procédures de sécurité adéquates étaient en vigueur, les systèmes de sécurité ont fonctionné comme prévu et personne n'a été mis en danger.

Après le temps nécessaire pour réchauffer ces aimants à une valeur proche de la température ambiante, des inspections ont commencé et un certain nombre de constatations claires sont à présent établies. Les investigations se poursuivent et des conclusions plus complètes seront présentées ultérieurement.

A - Le résumé ci-après décrit de manière succincte la chaîne des événements qui se sont produits le 19 septembre, aux alentours de midi. Un rapport technique plus détaillé peut être consulté à l'adresse : https://edms.cern.ch/file/973073/1/Report_on_080919_incident_at_LHC_2_.pdf

1. Durant la montée en intensité du courant dans le circuit des dipôles principaux à raison de 10 A/s (valeur nominale), une zone résistive s'est formée, entraînant en moins d'une seconde l'apparition d'une tension résistive de 1 V à 9 kA. L'alimentation électrique, incapable de maintenir la croissance du courant, a disjoncté et l'interrupteur de décharge d'énergie s'est ouvert, introduisant dans le circuit des résistances d'absorption d'énergie afin de provoquer une chute rapide du courant dans les aimants. Durant cette suite d'événements, les systèmes de détection de transition résistive dans les aimants d'alimentation de puissance et de décharge d'énergie ont fonctionné comme prévu. On peut affirmer que le premier événement n'a pas eu pour origine la transition résistive d'un aimant, antérieure à cette décharge rapide. Pendant la décharge, de nombreuses transitions résistives ont été déclenchées automatiquement dans les aimants de l'arc et l'hélium de leurs masses froides a été récupéré via les soupapes automatiques de vidange.
2. En moins d'une seconde, un arc électrique s'est formé, perforant l'enceinte d'hélium, qui s'est déversé dans le vide d'isolation du cryostat. Au bout de 3 et 4 secondes, le vide est également altéré dans les tubes de faisceau 2 et 1 respectivement. Le vide d'isolation a commencé à être altéré dans les deux sous-secteurs* adjacents.
3. Les disques de rupture contre les surpressions de l'enceinte à vide se sont ouverts lorsque la pression a dépassé la pression atmosphérique, relâchant l'hélium dans le tunnel. Toutefois, ils n'ont pu maintenir la pression en-deçà de la valeur nominale de 0,15 MPa dans l'enceinte à vide du sous-secteur central. D'importantes forces se sont donc exercées sur les barrières à vide séparant le sous-secteur central des sous-secteurs adjacents.

B - Après avoir rétabli l'alimentation électrique et les services dans le tunnel, et avoir assuré la stabilité mécanique des aimants, les équipes d'investigation ont procédé à l'ouverture des manchons protégeant les interconnexions entre aimants, en commençant par le sous-secteur central. Cette opération a permis de confirmer la localisation de l'arc électrique et montré l'absence de dommages électriques et mécaniques dans les interconnexions voisines, mais a révélé une contamination par un dépôt semblable à de la suie qui s'est répandu sur une certaine distance dans les tubes de faisceau. Elle a aussi révélé des dommages subis par l'isolation thermique multicouche des cryostats.

Les forces exercées sur les barrières à vide fixées aux quadripôles des extrémités du sous-secteur ont été telles que les cryostats contenant ces quadripôles ont été arrachés de leur ancrage dans le sol du tunnel et déplacés de leur position initiale, tandis que les connexions électriques et les raccordements de fluides ont exercé sur les masses froides des dipôles de ce sous-secteur une force de traction qui les a déplacés par rapport à leurs supports internes froids, à l'intérieur des cryostats demeurés en place. Le déplacement des cryostats des quadripôles a endommagé les raccords «**jumpers**» les reliant à la ligne de distribution cryogénique, sans rompre son vide d'isolation.

C - En attendant l'inspection des internes des cryostats des dipôles, il a été établi que sont à réparer au plus les 5 quadripôles et les 24 dipôles affectés des trois sous-secteurs. Toutefois, il est possible qu'il soit nécessaire d'extraire d'autres aimants du tunnel afin de les nettoyer et de changer l'isolation multicouche. Des aimants et des composants de rechange de tous les types requis sont disponibles en nombre suffisant pour permettre, pendant l'arrêt hivernal des installations du CERN, le remplacement des pièces endommagées. L'étendue de la contamination subie par les tubes de faisceau sous vide n'est pas encore pleinement évaluée, mais on sait que cette contamination est limitée; on envisage de procéder à un nettoyage in situ pour limiter à un minimum le nombre d'aimants à déplacer. Un plan concernant l'extraction-réinstallation, le transport et la réparation des aimants concernés du secteur 3-4 est en cours d'élaboration; ces opérations seront intégrées aux travaux de maintenance et de consolidation à effectuer pendant l'arrêt hivernal sur l'ensemble des installations du domaine du CERN. Les ressources de main-d'œuvre correspondantes ont été prévues.

D - Une fois que toutes les inspections possibles auront été effectuées, l'analyse détaillée des événements conduira à l'élaboration de dispositions à prendre dans le futur pour éviter que ce type d'événement initial ne se reproduise et pour limiter ses conséquences au cas où il se reproduirait accidentellement. Même si la cause de l'augmentation initiale de la résistance de la connexion concernée n'a pas encore été établie, et sachant qu'un événement analogue ne s'est pas produit lors des essais effectués sur tous les autres secteurs et sur leurs milliers de connexions, il a été décidé que, avant d'alimenter à nouveau à forte intensité les circuits du LHC, une instrumentalisation supplémentaire sera mise en œuvre pour déclencher les alarmes et les asservissements nécessaires, le nombre et la taille des disques de rupture seraient revus et les ancrages au sol améliorés des cryostats des quadripôles équipés de barrières à vide.

Annexe technique: conception du LHC

* Les **arcs** du LHC, qui constituent la majeure partie des **secteurs** de 3,3 km de longueur, comportent une maille périodique, dont la **cellule** élémentaire (de 107 m de longueur) est composée d'un quadripôle de focalisation horizontale, de trois dipôles, d'un quadripôle de focalisation verticale et de trois autres dipôles. Dans chaque famille, les aimants de l'ensemble d'un secteur sont alimentés en série. Les aimants, équipés de leur enceinte d'hélium, constituent les « **masses froides** », qui, en mode de fonctionnement normal, contiennent l'hélium superfluide à 1,9 K et 0,13 MPa, et qui sont isolés thermiquement de l'enceinte à vide. Les masses froides voisines sont interconnectées électriquement et hydrauliquement. Le poids de la masse froide est transmis à l'enceinte à vide par l'intermédiaire de **supports froids** et transféré au sol du tunnel au moyen de **vérins** réglables, ancrés dans le béton. Une cellule de la maille correspond à la longueur d'une boucle locale de refroidissement du système cryogénique, alimentée par la ligne de distribution au moyen de **raccords « jumpers »** situés tous les 107 m à l'emplacement d'un quadripôle. Deux cellules successives constituent un **sous-secteur de vide** partageant un vide d'isolation commun ; les enceintes à vide d'isolation des sous-secteurs voisins sont séparées par des « **barrières à vide** ». Les deux **tubes de faisceau** constituent deux autres systèmes de vide distincts, qui sont présents sur toute la longueur du cryostat continu, et qui sont segmentés aux extrémités des arcs.