Documentation Technique de Référence

Chapitre 5 – Performances des installations raccordées au RPT

Article 5.1.3 – Exigences applicables aux systèmes en courant continu à haute tension raccordés en courant continu

Document valide pour la période du XXX à ce jour pages

2019

Table des matières

1. Préambule 3

2. Définitions 3

3. Champ d'application 5

4. Exigences techniques 6

4.1. Capacité en puissance réactive 6

4.2. Contrôle-commande 6

4.3. Dispositifs de protection 7
4.3.1. Régime de neutre 7
4.3.2. Système de protection 7

4.4. Reconstitution du réseau électrique 7

5. Echanges d'informations et de coordination 8

5.1. Dispositions générales 8

5.2. Fonctionnalités des équipements du système HVDC 9
5.2.1. Fonctionnalités relatives au dispositif d'observabilité 9
5.2.2. Fonctionnalités complémentaires relatives aux dispositifs de commandabilité 9
5.2.3. Fonctionnalités complémentaires relatives aux dispositifs de sauvegarde et de téléphonie de sécurité 9
5.2.4. Fonctionnalités complémentaires relatives au dispositif de réglage de la tension 9

5.3. Nature des informations échangées 10

5.4. Performances attendues 10

5.5. Spécifications techniques 10

5.6. Enregistrement des défauts 10

6. Modalités de contrôle des performances pour le raccordement 11

Figure 1 – schémas de raccordement 4
Figure 2 - Définitions points d'interface et de raccordement 4
Figure 3 - Type de liaisons 5
Figure 4 – Notifications opérationnelles 12
Figure 5 – Intéractions 14

1. Préambule

Les exigences applicables aux systèmes en courant continu à haute tension (HVDC) sont définies dans les textes énoncés ci-dessous :

- Le règlement (CE) no 714/2009 du Parlement européen et du Conseil du 13 juillet 2009 énonçant des règles non discriminatoires régissant l'accès au réseau pour les échanges transfrontaliers d'électricité, en vue de garantir le bon fonctionnement du marché intérieur de l'électricité.
- Le règlement (UE) 2016/1447 de la Commission du 26 août 2016 établissant un code de réseau relatif aux exigences applicables au raccordement au réseau des systèmes en courant continu à haute tension et des parcs non synchrones de générateurs raccordés en courant continu (désigné ci-après par code HVDC).
- L'article L. 342-5 du code de l'énergie ;
- L'arrêté du XXX, relatif à la mise en œuvre, en matière de raccordements aux réseaux électriques, des codes de réseaux prévus à l'article 6 du règlement (CE) n°714/2009 du Parlement européen et du Conseil du 13 juillet 2009 sur les conditions d'accès au réseau pour les échanges transfrontaliers d'électricité ;
- Les articles R. 342-13-5 et suivants du code de l'énergie dans leur rédaction issus du décret n° 2018-744 du 23 août 2018 relatif aux attributions respectives de l'autorité administrative et de la Commission de régulation de l'énergie dans la mise en œuvre des codes de réseau prévus à l'article 6 du règlement (CE) n° 714/2009 du Parlement européen et du Conseil du 13 juillet 2009 sur les conditions d'accès au réseau pour les échanges transfrontaliers d'électricité.
- La Délibération de la Commission de régulation de l'énergie du 1er juin 2017 relative aux critères d'octroi des dérogations tels que prévus par le règlement (UE) 2016/1447 de la Commission du 26 août 2016.
- La Délibération de la CRE du 9 mai 2012 portant décision sur les conditions de raccordement et d'accès au réseau public de transport des nouvelles interconnexions mentionnées à l'article 17 du règlement (CE) n° 714/2009 du 13 juillet 2009
- L'article 1.5.1 de la Documentation Technique de Référence.
- La trame-type de Cahier des charges des capacités constructives d'un système HVDC.

2. Définitions

Le **point de raccordement** est le point par lequel le système HVDC est raccordé au réseau de transport d'électricité, comme indiqué dans la convention de raccordement.

Le **point d'interface** est le point auquel l'équipement HVDC est raccordé à un réseau en courant alternatif, où peuvent être prescrites des spécifications techniques affectant la performance de l'équipement.

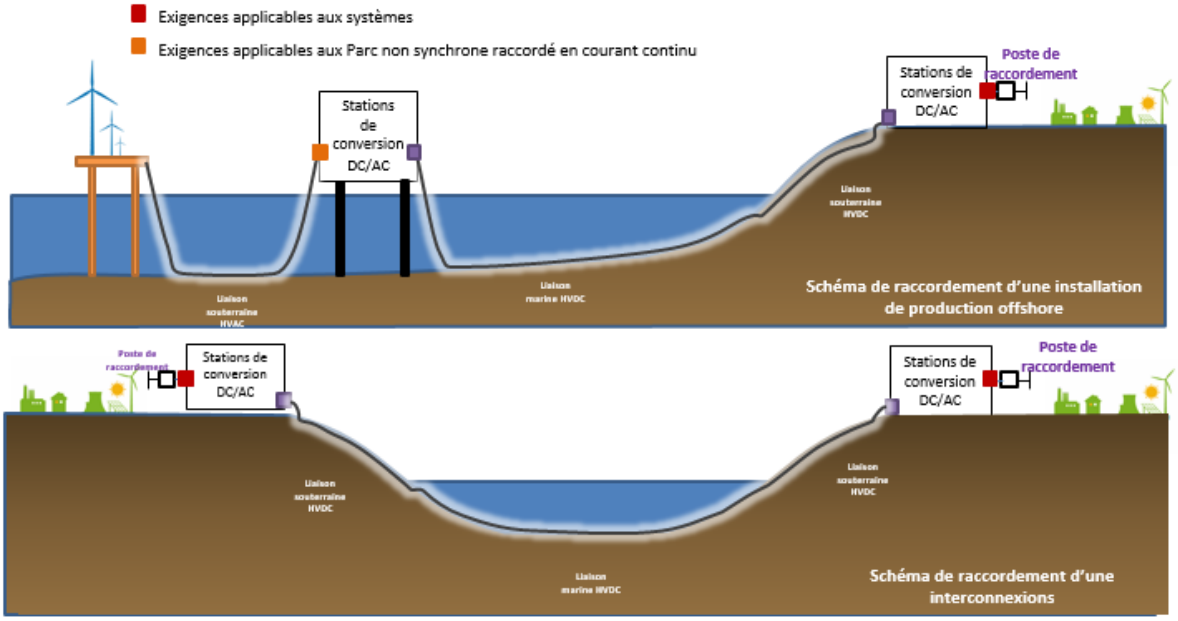


Figure 1 – schémas de raccordement

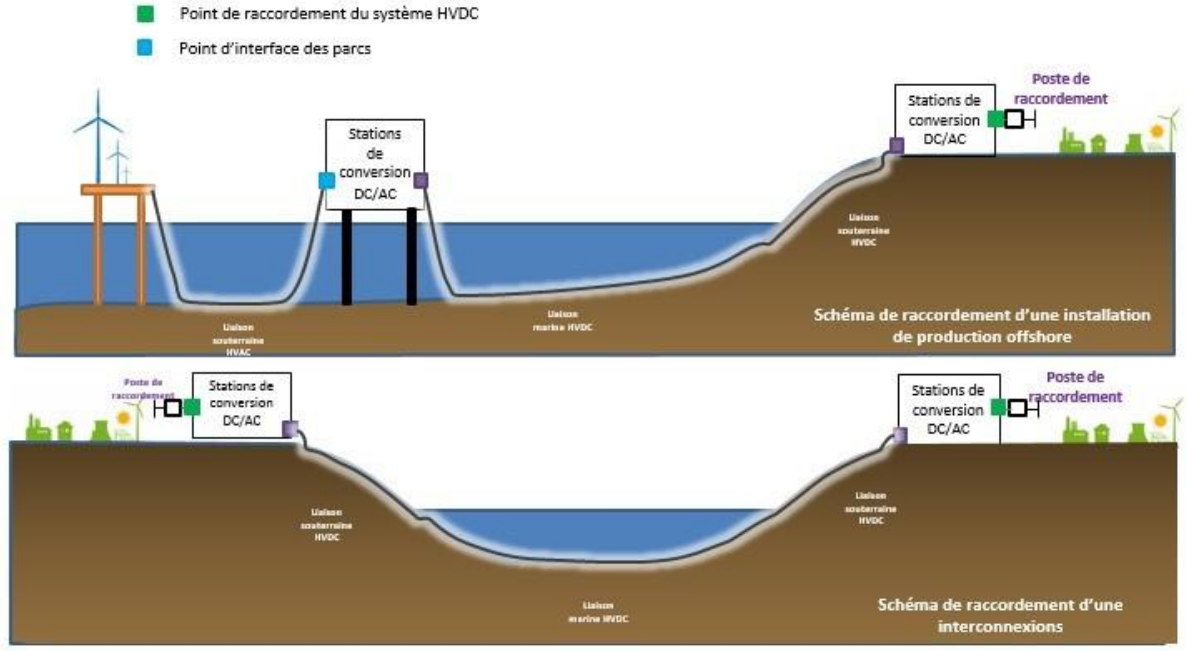


Figure 2 - Définitions points d'interface et de raccordement

P_{max} : majorant de la puissance maximale d'injection et de la puissance maximale de soutirage de la liaison au Point de raccordement.

3. Champ d'application

Les exigences s'appliquent à toutes les liaisons raccordées (à partir du 225 kV) en courant continu au réseau de RTE y compris les liaisons propriétés RTE comme illustré ci-dessous :

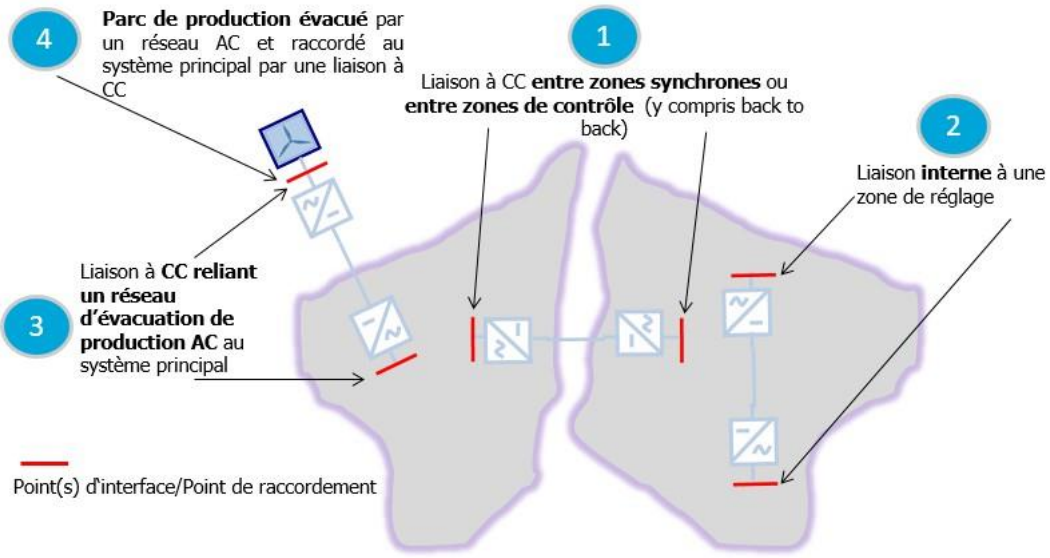


Figure 3 - Type de liaisons

Les liaisons de type 1 et 2 et la station de conversion raccordée au réseau AC (système principal) des liaisons de type 3 de la figure 3 sont couvertes par le Titre II. « Exigences applicables aux raccordements HVDC » du code HVDC et sont précisées dans le Titre II articles 90 – 102 de l'arrêté XXX.

Les parcs de production de type 4 et la station de conversion HVDC à l'extrémité isolée et de la figure 3 sont couvertes par le TITRE III. « Exigences applicables aux parcs non synchrone de générateurs raccordés en courant continu et aux stations de conversion HVDC à l'extrémité isolée » du code HVDC et sont précisées dans le Chapitre II du Titre I de l'arrêté XXX. Les exigences de conception et de fonctionnement sont décrites dans l'article 5.1.1 de la DTR.

Les exigences du code s'appliquent aux systèmes ou aux parcs nouveaux. C'est-à-dire un système ou un parc dont une offre de raccordement engageante envoyée par RTE a été acceptée par le demandeur du raccordement à compter du 8 septembre 2019.

Les exigences du code s'appliquent aux systèmes ou aux parcs existant faisant l'objet d'une modification substantielle au sens de l'article 91 de l'arrêté de 2019, à savoir :

- Modification de la tension de raccordement
- Modification des caractéristiques électriques de l'installation par des travaux de modernisation ou de remplacement des équipements ayant une incidence sur les capacités techniques du système ou du parc existant.

4. Exigences techniques

Les fonctionnalités et performances d'un système HVDC sont définies dans le règlement européen UE 2016/1447 du 26 août 2016. Les paramètres non exhaustifs du code HVDC sont précisés par l'arrêté XXX.

Le présent document présente des précisions quant aux exigences contenues dans les textes réglementaires.

Elles sont détaillées dans le cahier des charges des capacités constructives spécifique aux systèmes HVDC dont la trame se trouve à l'article 8.xx de la DTR.

4.1. Capacité en puissance réactive

Lorsque la capacité de l'installation terminale du système HVDC à fournir ou à absorber de la puissance réactive n'est acquise, en raison de limitations technologiques, que par l'intermédiaire de l'adjonction d'équipements accessoires, le gestionnaire du réseau public de transport d'électricité peut accepter une dérogation consistant à raccorder initialement ladite installation en l'absence d'une partie ou de la totalité de ces équipements accessoires dès lors que l'étude de raccordement démontre que ceux-ci ne sont pas immédiatement nécessaires. Cette dérogation est subordonnée à l'engagement de l'exploitant du système HVDC à pourvoir ultérieurement à l'adjonction des équipements accessoires susmentionnés à la demande, assortie d'un préavis du gestionnaire du réseau public de transport d'électricité. Cet engagement, les cas pouvant nécessiter sa mise en œuvre ainsi que le préavis précité doivent figurer dans la convention de raccordement.

4.2. Contrôle-commande

Les équipements (par exemple résistances d'insertion) et les systèmes de contrôle-commande (par exemple commande synchronisée des disjoncteurs) utilisés par le Propriétaire du système HVDC pour garantir ces performances nécessiteront l'accord de RTE.

Le propriétaire du système HVDC doit pouvoir modifier des valeurs des paramètres du système de contrôle et protection pendant la durée de vie du système HVDC à la demande de RTE. Pour ces principaux paramètres configurables, le propriétaire du système HVDC peut spécifier une plage de valeurs limites qui garantit les performances du système HVDC.

Le système de contrôle-commande du système HVDC ne doit pas dégrader l'amortissement des oscillations de puissance. Il doit aussi prévoir un contrôle-commande capable d'amortir les oscillations de puissance dans les réseaux en courant alternatif auxquels il est raccordé, en agissant sur sa puissance active et/ou réactive, pour des fréquences comprises dans la plage 0.1-2 Hz.

RTE peut demander l'activation de ce contrôle-commande dans le cahier des charges des capacités constructives en fonction de la zone géographique à laquelle le système HVDC sera raccordé et des résultats de l'étude de stabilité en petits mouvements. Dans ce cas, des itérations entre RTE et le propriétaire seront nécessaires pour convenir sur le choix de paramètres pertinents pour ce contrôle-commande. L'efficacité de la solution proposée sur le modèle complet du réseau européen sera vérifiée par RTE suite à la fourniture du modèle détaillé du système HVDC.

Le propriétaire du système HVDC doit concevoir un contrôle-commande capable d'amortir les oscillations torsionnelles hyposynchrones dans le contrôle de la station de conversion.

Pour ces deux fonctions, le propriétaire à la demande de RTE, doit être en mesure :

- d'activer et de désactiver ce contrôle (à partir de l'IHM) pendant la durée de vie du système HVDC.
- de modifier les paramètres du contrôle.

4.3. Dispositifs de protection

Les dispositions générales des protections de la DTR (Article 4.6) sont applicables.

4.3.1. Régime de neutre

Afin de préserver la sécurité des personnes et des biens, tout système HVDC, à son interface avec le réseau public de transport d'électricité en courant alternatif, comprend un dispositif de fixation du potentiel du neutre HTB par rapport à la terre. L'impédance homopolaire à respecter au point de livraison ou, à défaut, la valeur du courant homopolaire en ce point est prescrite par le gestionnaire du réseau public de transport d'électricité à l'issue de l'étude de raccordement.

4.3.2. Système de protection

Tout système HVDC doit être équipé, à son interface avec le réseau public de transport d'électricité en courant alternatif, d'un système de protection qui élimine tout défaut d'isolement au sein de l'installation susceptible de créer une surintensité ou une dégradation de la qualité de l'électricité sur le réseau public de transport d'électricité.

Ce système doit aussi permettre d'éliminer tout apport de courant de court-circuit émanant de l'installation terminale du système HVDC lors de l'occurrence d'un défaut d'isolement sur la liaison de raccordement et sur le jeu de barres du réseau public de transport d'électricité auquel elle est raccordée ainsi que tout apport de courant de court-circuit émanant de l'installation suite à des défauts d'isolement situés sur d'autres liaisons raccordées au poste de raccordement au réseau public de transport d'électricité.

Les caractéristiques fonctionnelles de ce système et ses performances respectent les prescriptions définies par le gestionnaire du réseau public de transport d'électricité et communiquées à l'exploitant du système HVDC à l'issue de l'étude de raccordement. Ces prescriptions concernent en particulier les performances du système de protection, son réglage coordonné avec le système de protection du réseau public de transport d'électricité et l'archivage des informations concernant le fonctionnement des protections.

Ces informations seront spécifiées dans le **Cahier de Charges Protection**.

4.4. Reconstitution du réseau électrique

Chaque station de conversion d'un système HVDC ayant une capacité de démarrage autonome (capacité constructive native par défaut) est capable, en l'absence de source alternative (réseau) de démarrer ses auxiliaires sur une source de tension de substitution indépendante du réseau, afin de démarrer les convertisseurs de cette station de conversion via leur mise sous tension par l'autre extrémité de la ligne HVDC, puis de mettre sous tension le jeu de barres du poste en courant alternatif à laquelle cette station de conversion est raccordée.

Ces opérations s'effectuent dans un délai consécutif à l'arrêt du système HVDC déterminé par RTE. Le système est capable de se synchroniser dans les limites de fréquence et de tension fixées. Des plages de tension et de fréquence plus larges peuvent être spécifiées par RTE si cela est nécessaire pour restaurer la sûreté du réseau.

La station de conversion qui est en mode autonome doit respecter la tenue aux creux de tension.

Une fois la station de conversion démarrée en mode autonome, RTE doit avoir la possibilité de basculer l'alimentation de substitution vers la source d'alimentation principale (et vice versa).

RTE doit avoir la possibilité de démarrer la station de conversion en mode autonome au moins deux fois successivement.

RTE et le propriétaire du système HVDC se mettent d'accord sur la capacité et la disponibilité de la capacité de démarrage autonome et sur la procédure opérationnelle.

RTE peut spécifier des capacités de renvoi « à tension progressive » et de modification de la tension maximale côté station de conversion utilisant le démarrage en autonome, ceci afin de limiter les risques sur le matériel réseau lors de la remise sous tension de celui-ci.

RTE peut spécifier un critère de détection de passage en réseau séparé basé sur des seuils de fréquence et/ou de variation de fréquence aux extrémités.

Les télé-informations/protections nécessaires à la mise en œuvre de la capacité de démarrage en autonome seront demandées par RTE au propriétaire de la ligne HVDC.

Un réglage automatique des paramètres (rampes/plages, tension/fréquence etc…) propres à la fonction démarrage en autonome et renvoi de tension, lorsque ces fonctions sont activées, est exigé par RTE.

5. Echanges d'informations et de coordination

Chaque unité de conversion HVDC d'un système HVDC doit être dotée des équipements permettant de transmettre à RTE et de recevoir de RTE des informations relatives à l'exploitation du système HVDC. La liste de ces informations est précisée dans le **cahier des charges téléconduite** du système HVDC et le **cahier des charges des capacités constructives**.

5.1. Dispositions générales

Afin de garantir en toute circonstance l'établissement d'un dialogue téléphonique minimal entre un système HVDC et un dispatching de RTE, il est nécessaire qu'existe, au niveau du site du système HVDC ou du centre de conduite, une ligne téléphonique raccordée au réseau téléphonique commuté public indépendante des liaisons de télécommunications de sécurité. RTE doit pouvoir joindre en permanence, y compris le week-end et les jours fériés, le chargé de conduite du système HVDC, avec un temps de réponse le plus court possible qui doit être, dans tous les cas, inférieur à 5 minutes.

Les propriétaire du système HVDC adoptent les dispositions nécessaires pour garantir la permanence de l'alimentation électrique des équipements de téléconduite et de télécommunication installés sur les sites des systèmes HVDC ou dans les centres de conduite.

Les équipements du système HVDC reçoivent un signal spécifique permettant leur synchronisation horaire avec les systèmes de téléconduite de RTE.

5.2. Fonctionnalités des équipements du système HVDC

5.2.1. Fonctionnalités relatives au dispositif d'observabilité

Tout système HVDC raccordé au RPT doit être doté d'équipements permettant de transmettre automatiquement des télémesures et des télésignalisations à RTE, notamment :

- puissance active et réactive au niveau du point de connexion,
- tension composée au point de connexion de l'installation,
- position du disjoncteur de propriété du client, situé sur la liaison de raccordement,
- informations permettant de connaître l'état des différentes fonctionnalités prévues dans le cahier des charges des capacités constructives dont le réglage primaire de fréquence, l'injection de courant réactif et les contrôles relatifs aux oscillations de puissance.

5.2.2. Fonctionnalités complémentaires relatives aux dispositifs de commandabilité

Tout système HVDC raccordé au RPT doit être doté d'équipements permettant à RTE de transmettre les télévaleurs de consigne ou les télécommandes, notamment :

- les ordres permettant la modulation du transit actif,
- les ordres permettant de bloquer les variations de puissances actives,
- les ordres permettant la mise EN/HORS service de fonctions prévues dans le contrôle commande des systèmes HVDC.

5.2.3. Fonctionnalités complémentaires relatives aux dispositifs de sauvegarde et de téléphonie de sécurité

En complément des fonctionnalités décrites au paragraphe précédent, tout système HVDC raccordé en HTB2 ou HTB3 doit être doté des équipements permettant à RTE de transmettre des instructions destinées à mettre en œuvre des modifications du régime de fonctionnement dans le but d'assurer la sécurité et la sûreté du RPT et la qualité de son fonctionnement.

Ces équipements doivent permettre :

- de recevoir les instructions transmises par RTE via l'outil du dispositif d'alerte et de sauvegarde ou tout autre système spécifique spécifié par Rte. A ce titre, ces équipements permettent de générer une alarme sonore sur le système d'alarme de la salle de conduite du système HVDC à réception des ordres ou des messages, de visualiser ces ordres et messages et d'en acquitter la réception puis la lecture ;
- de recevoir les instructions transmises par RTE via le système de téléphonie de sécurité.

5.2.4. Fonctionnalités complémentaires relatives au dispositif de réglage de la tension

Le système HVDC doit transmettre toutes les informations relatives au réglage primaire de tension.

En complément de la fonction de régulation permettant d'atteindre toute valeur de consigne transmise par RTE et des fonctionnalités décrites aux paragraphes précédents, tout système HVDC raccordé en HTB2 ou HTB3 doit être doté des équipements permettant

à RTE de transmettre les consignes d'ajustement automatique de la fourniture de puissance réactive pour le réglage secondaire de la tension.

5.3. Nature des informations échangées

La liste complète des téléinformations et des télécommandes à transmettre est précisée dans le **cahier des charges des capacités constructives et le cahier des charges Téléconduite du système HVDC** annexés à la convention de raccordement.

5.4. Performances attendues

Les échanges d'informations avec les dispositifs de téléconduite doivent être conformes aux exigences de performances définies dans le **cahier des charges des capacités constructives et dans le cahier des charges Téléconduite du système HVDC** annexé à la convention de raccordement et dont la trame est publiée en DTR.

Ces exigences caractérisent notamment :

- l'élaboration et la disponibilité des téléinformations ainsi que les délais d'acheminement des téléinformations et les délais de prise en compte des télécommandes à partir du point d'interface avec le réseau de téléconduite de RTE,
- les délais de prise en compte et de prise d'effet des ordres de sauvegarde.

5.5. Spécifications techniques

Les spécifications techniques des équipements du système HVDC et des messages échangés avec RTE sont précisées dans les cahiers des charges annexés à la convention de raccordement du système HVDC. Ces spécifications définissent notamment les prérequis mis à disposition par le client pour l'installation des supports de télécommunications, les caractéristiques et la configuration des équipements d'interface, ainsi que les spécifications SI (format des données informatiques échangées et règles de cyber-sécurité).

5.6. Enregistrement des défauts

Le propriétaire du système HVDC doit fournir à Rte les informations sous format COMTRADE, ASCII ou tout fichier numérique qui peut être lu par un logiciel libre qui contient au moins les signaux suivants :

- Tensions instantanées phase - terre au point de raccordement - 3 phases
- Tension séquence positive calculée par le système de contrôle au point de raccordement.
- Courant instantané au point de raccordement - 3 phases
- Courant séquence positive au point de raccordement
- Tensions instantanées phase terre du côté secondaire du transformateur du convertisseur - 3 phases
- Tension séquence positive côté secondaire du transformateur du convertisseur.
- Courant instantané sur le côté secondaire du transformateur du convertisseur - 3 phases
- Courant séquence positive côté secondaire du transformateur du convertisseur
- Puissance active mesurée au point de raccordement
- Puissance réactive mesurée au point de raccordement
- Position du changeur de prises
- Courant dans le système de mise à la terre à haute impédance (s)

- Courants instantanés dans chaque demi-bras du convertisseur - 6 demi-bras
- Somme des courants de bras (positif + négatif) - 3 phases
- Tension continue côté positif
- Tension continue côté négatif
- Courant continu côté positif
- Courant continu côté négatif
- Consigne de puissance active
- Limite de puissance active max/min.
- Consigne de puissance réactive / Consigne tension AC
- Limite de puissance réactive max/min.
- Référence haute tension CC
- Courants circulaires dans les 6 demi-bras
- Energie des modules de conversion - 6 demi -bras
- Consigne de tension des modules de conversion - 6 demi -bras
- Tensions maximales des condensateurs des modules de conversion - 6 demi -bras
- Tensions minimales des condensateurs des modules de conversion - 6 demi -bras
- Signaux de protection du convertisseur principal

6. Modalités de contrôle des performances pour le raccordement

Le contrôle des performances est à effectuer avant la mise en service du système HVDC ou du parc non synchrone de générateurs à courant continu, ou faisant suite à une modification des caractéristiques ayant une incidence sur les capacités techniques de l'installation, ou après constatation d'un dysfonctionnement du système.

Les modalités des contrôles sont détaillées dans le chapitre 5 de la DTR (article 5.3.1).

Ces contrôles sont effectués dans le cadre de la procédure de notification opérationnelle. Les éléments à fournir à chaque étape de la procédure sont définis dans le **cahier des charges des capacités constructives**.

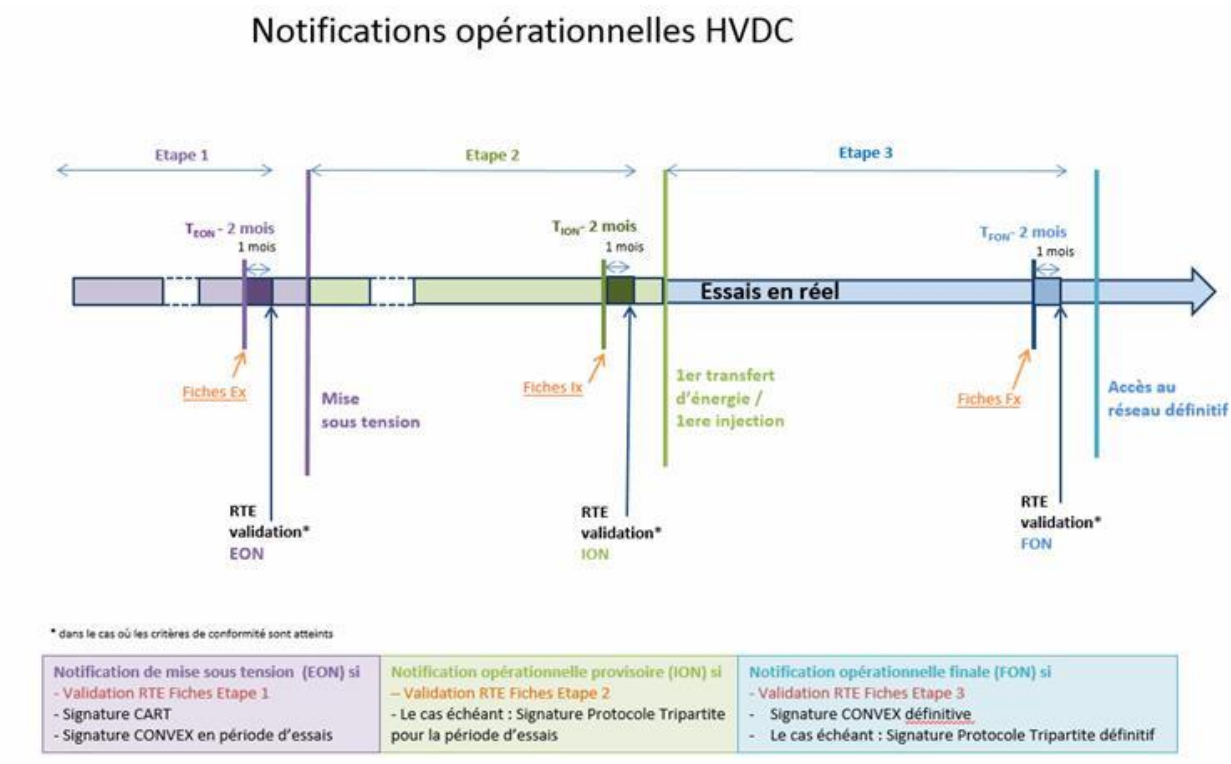


Figure 4 – Notifications opérationnelles

Conformément aux étapes préparatoires définies à l'article 57 du code HVDC, le propriétaire du système HVDC ou de l'unité de conversion HVDC doit mettre à disposition de RTE une réplique exacte du contrôle-commande du système. Cette dernière permettra de préparer l'insertion du système de contrôle et de protection dans le Réseau Public de Transport en amont de la mise en service de l'installation, et de réaliser des études dynamiques avec le simulateur en temps réel dans le laboratoire de RTE pendant la durée de vie de l'installation. La réplique sera à la charge du propriétaire.

Le simulateur temps réel, les interfaces d'Entrées/Sorties et les connexions entre les deux raccordés à cette réplique seront à la charge de RTE.

Les paramètres des systèmes de contrôle et protection de la station de conversion et de ses unités de conversion (terminaux) devront être accessibles et réglables dans cette réplique. L'accessibilité aux paramètres du contrôle bas-niveau des valves et la régulation du courant n'est pas obligatoire.

Les spécifications de cette réplique sont transmises par RTE au propriétaire du système HVDC qui les transmet à son fournisseur, le plus en amont possible. Le propriétaire du système HVDC accepte que des relations directes entre RTE et son fournisseur soient établies pour la mise au point de la commande des répliques.

Ce besoin sera spécifié dans le cahier des charges des capacités constructives.

Pour un système HVDC donné, les répliques du contrôle-commande de cette installation doivent être fonctionnelles et validées dans le laboratoire de RTE a minima 64 mois avant ~~la mise sous tension~~le premier transfert d'énergie (I~~E~~ON). Cette période de 64 mois permet

à RTE de réaliser les études dynamiques et de minimiser le risque d'interactions indésirables entre ces installations et le Réseau Public de Transport. Le schéma suivant présente les étapes qui sont suivies dans le cadre d'un projet de construction d'un système HVDC pour spécifier, construire, tester, valider et livrer le contrôle-commande (modèles et répliques).

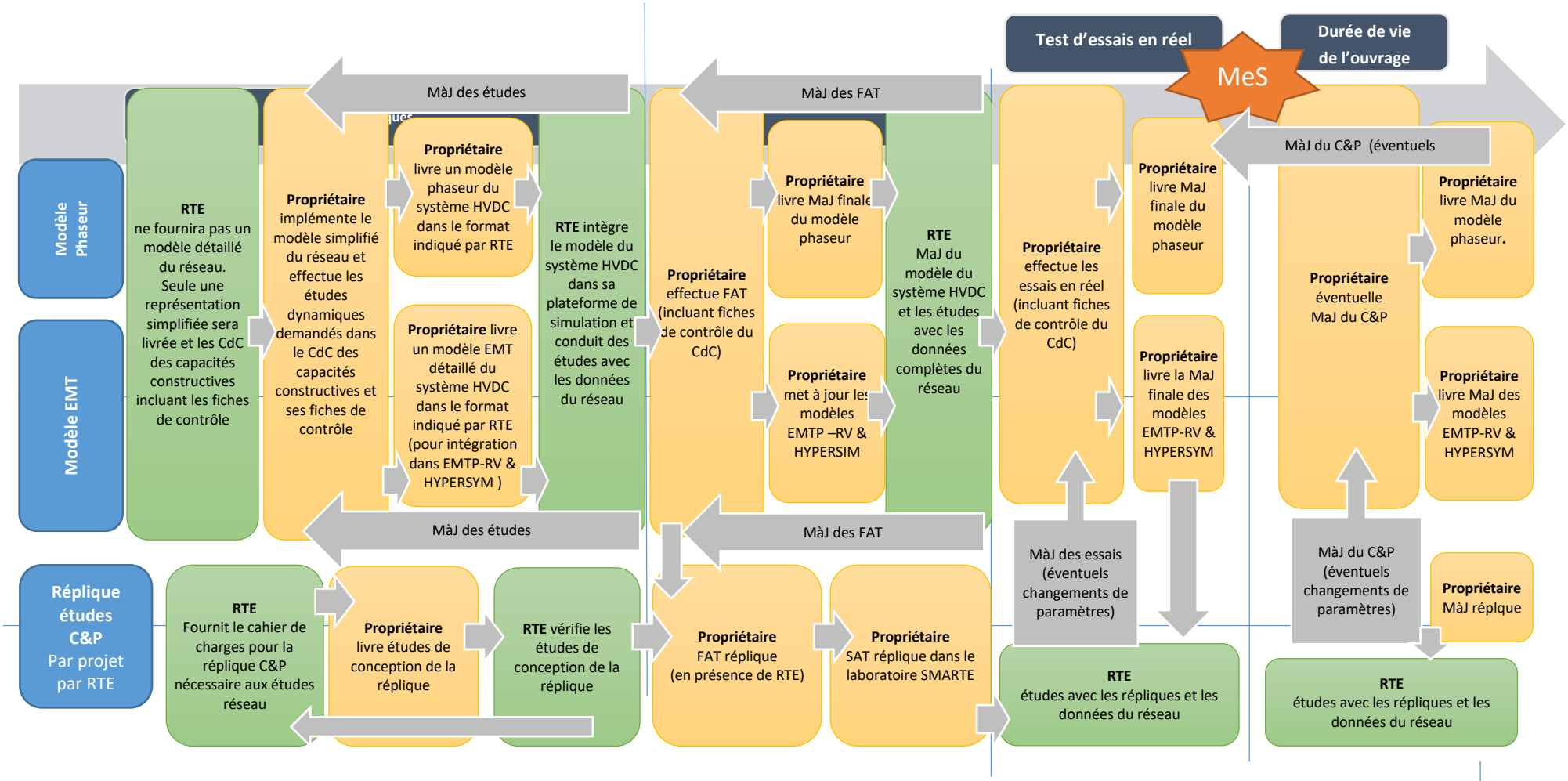


Figure 5 – Intéractions