



Manuel

Spécifications techniques relatives aux interfaces de protection des transformateurs avec le réseau de transport

Dispositions techniques en matière de raccordement, d'exploitation et d'utilisation du réseau de distribution

18 juin 2015

Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen
Association des entreprises électriques suisses
Associazione delle aziende elettriche svizzere

Tél. +41 62 825 25 25, Fax +41 62 825 25 26, info@electricite.ch, www.electricite.ch



Impressum et contact

Editeur

Association des entreprises électriques suisses AES
Hintere Bahnhofstr. 10, Case postale
CH – 5001 Aarau
Tél. +41 62 825 25 25
Fax +41 62 825 25 26
info@electricite.ch
www.electricite.ch

Auteurs de la première édition 2015

Prénom Nom	Entreprise	Fonction
Bruno Wartmann	ewz, Zurich	Responsable du GT
Bernhard Burgener	Swissgrid SA, Laufenburg	Membre du GT
Yann Gosteli	CKW, Lucerne	Membre du GT
Martin Herzig	Alpiq EnerTrans SA, Niedergösgen	Membre du GT
Werner Kälin	AXPO Power AG, Baden	Membre du GT
Deborah Koch	BKW, Berne	Membre du GT
Daniel Witschard	HYDRO Exploitation SA, Sion	Membre du GT
Andreas Degen	AES, Aarau	Membre du GT

* GT = groupe de travail



Chronologie

Date	Descriptif succinct
2014	Début des travaux au sein du groupe de travail
18 juin 2015	Approbation par la Commission Technique & Exploitation des réseaux

Ce document a été élaboré avec l'implication et le soutien de l'AES et des représentants de la branche.



Imprimé n° 1037f, édition 2015

Copyright

© Association des entreprises électriques suisses AES

Tous droits réservés. L'utilisation des documents pour usage professionnel n'est permise qu'avec l'autorisation de l'AES et contre dédommagement. Sauf pour usage personnel, toute copie, toute distribution ou tout autre usage de ces documents que celui prévu pour le destinataire sont interdits. L'AES et les auteurs déclinent toute responsabilité en cas d'erreur dans ce document et se réservent le droit de le modifier en tout temps et sans préavis.



Table des matières

Abréviations, termes et définitions	6
Avant-propos	7
1. Introduction.....	8
2. Interface des transformateurs d'intensité/de tension	9
2.1 Généralités	9
2.2 Transformateurs d'intensité.....	9
2.3 Transformateurs de tension	10
3. Interface des déclenchements de protection avec initialisation de la PDD	11
3.1 Déclenchements de protection directs avec liaisons par câbles en cuivre	11
3.1.1 Généralités.....	11
3.1.2 Déclenchements de protection directs sur le disjoncteur	12
3.1.3 Déclenchements de protection via des relais de déclenchement (longues lignes d'amenée)	12
3.1.4 Déclenchements de protection via des relais de déclenchement (surveillance du circuit de déclenchement)	13
3.2 Déclenchements de protection via des liaisons par FO.....	13
3.2.1 Introduction	13
3.2.2 Déclenchements de protection via des unités de protection déportées	14
4. Interface de blocage de l'ordre d'enclenchement du disjoncteur.....	15
5. Interface des retour de signalisation pour la protection et les verrouillages	15
6. Contrôle de la chute de tension CC	16
7. Câblage de l'ensemble de l'installation	16
7.1 Potentiels de terre différents dans l'installation.....	17
7.2 Exemple de réparation des câbles.....	17

Index des figures

Figure 1: Vue d'ensemble des zones de protection du transformateur	8
Figure 2: Vue d'ensemble de l'interface des transformateurs d'intensité	10
Figure 3: Exemple de l'enroulement 3, circuit transformateur de tension	11
Figure 4: Vue d'ensemble de la disposition des appareils de protection	14

Index des tableaux

Tableau 1: Transformateurs d'intensité, répartition entre Swissgrid et le GRD/l'ECE/le GIC	9
Tableau 2: Transformateurs de tension, répartition entre Swissgrid et le GRD/l'ECE/le GIC	10
Tableau 3: Valeurs CEM pour les essais-types des appareils de protection selon la norme CEI 60255- 26	17



Abréviations, termes et définitions

En ce qui concerne les abréviations, les termes et les définitions, nous vous renvoyons au glossaire de l'AES: «Glossaire des règles du marché suisse de l'électricité».

Ce glossaire peut être consulté via le lien suivant: <http://www.electricite.ch/download>

Swissgrid	Gestionnaire du réseau de transport
GIC	Gestionnaire d'installations de clients
ECE	Exploitant de centrale
GRD	Gestionnaire de réseau de distribution
PRR	Point de raccordement au réseau
HT	Côté haute tension (côté primaire du transformateur)
BT	Côté basse tension (côté secondaire/tertiaire du transformateur)
PJB	Protection de jeu de barres
PDD	Protection contre les défaillances de disjoncteur
DIST	Protection de distance
DIFF	Protection différentielle
IMAX	Protection à maximum de courant à temps (indépendant)
FO	Fibres optiques



Avant-propos

La Loi sur l’approvisionnement en électricité (LApEI) du 23 juillet 2012 et l’Ordonnance sur l’approvisionnement en électricité (OApEI) du 14 mars 2008 (état au 1^{er} juillet 2013) ont ouvert le marché électrique suisse aux consommateurs finaux dont la consommation annuelle est égale ou supérieure à 100 MWh par site. Cinq ans après l’entrée en vigueur de cette loi, les consommateurs finaux dont la consommation annuelle est inférieure à 100 MWh par site doivent aussi pouvoir, sur décision de l’Assemblée fédérale, accéder au réseau de manière non discriminatoire. Cette décision peut faire l’objet d’un référendum.

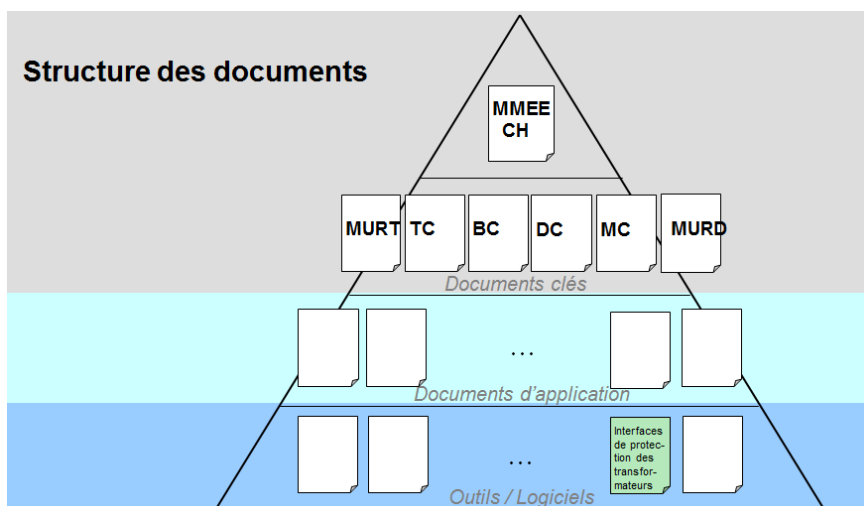
Fidèle au principe de subsidiarité (art. 3, al. 1 LApEI), la branche a créé dans le cadre du projet Merkur Access II, grâce à des spécialistes, un ouvrage extensif de règlements encadrant l’approvisionnement en électricité sur un marché ouvert. Grâce à cet ouvrage, le secteur de l’électricité dispose d’une recommandation, reconnue dans toute la branche, traitant de l’utilisation des réseaux électriques et de l’organisation du commerce de l’énergie.

La LApEI et l’OApEI exigent la mise sur pied par la branche de directives pour divers domaines spécifiques. Les documents de la branche sont la réponse à cette attente. Les passages correspondants répartis dans les divers documents sont indiqués à la section 7 du Modèle de marché pour l’énergie électrique – Suisse (MMEE–CH).

Les documents «Distribution Code Suisse» (DC–CH), «Modèle d’utilisation des réseaux suisses de distribution» (MURD–CH), «Modèle d’utilisation du réseau suisse de transport» (MURT–CH), «Transmission Code Suisse» (TC–CH), «Balancing Concept Suisse» (BC–CH) et «Metering Code Suisse» (MC–CH) sont des documents clés parmi les documents de la branche.

La branche élabore les documents d’application, ainsi que les «outils» nécessaires en se basant sur ces documents centraux.

Afin de mettre en œuvre la technique de protection à l’interface avec le réseau de transport, le présent document constitue un outil qui, en cas de nouvelles constructions et de projets de remplacement, doit faire office de recommandation de la branche pour les concepts de protection impliqués de Swissgrid et des GRD / ECE / GIC.



1. Introduction

- (1) Pour assurer la protection électrique d'un transformateur, il faut prévoir deux systèmes de protection indépendants pouvant être constitués d'un ou de plusieurs relais. Ces deux systèmes couvrent en principe les mêmes défaillances, mais leur sensibilité et leurs fonctions de protection actives peuvent être différentes. Ils permettent de détecter les courts-circuits monophasés ou polyphasés qui surviennent dans le transformateur et dans ses lignes d'amenée. Il convient en outre de prévoir une protection de réserve pour les lignes et jeux de barres adjacents.
- (2) Pour tous les objets situés dans la zone de protection (d'un transformateur de courant à l'autre) du point de raccordement au réseau, la protection principale (systèmes de protection du transformateur 1 et 2) incombe au GRD/à l'ECE/au GIC.
- (3) Swissgrid met à disposition comme protection de réserve une protection à maximum de courant à retard indépendant, en général au sein de la PJB/PDD. Le GRD/l'ECE/le GIC, lui, met à disposition du côté haute tension une zone de protection de distance en direction du jeu de barres.
- (4) Les fonctions de protection de l'enroulement tertiaire éventuel ainsi que du point neutre (p. ex. protection bobine de réactance) ne sont pas décrites dans ces spécifications et doivent être convenues et réalisées individuellement. Les systèmes de protection supplémentaires pour un éventuel passage de câbles entre l'installation de couplage et le transformateur doivent être contrôlés par l'exploitant de l'installation de câblage et coordonnés avec le GRD / ECE / GIC ou Swissgrid.
- (5) Hormis la protection de jeu de barres montée du côté de Swissgrid, tous les appareils de protection sont installés du côté du GRD/de l'ECE/du GIC.

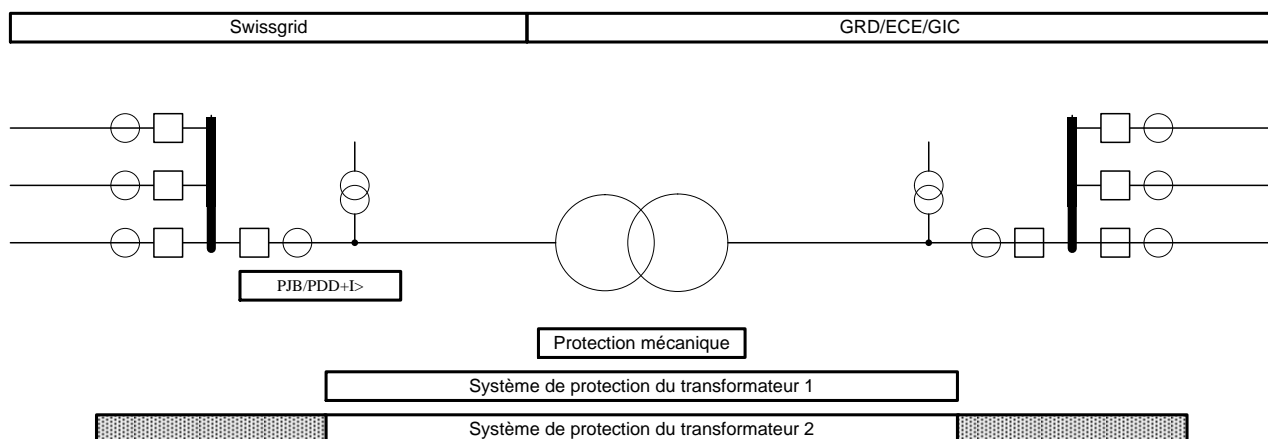


Figure 1: Vue d'ensemble des zones de protection du transformateur



Désignation	Fonctions de protection	Emplacement des appareils
Protection mécanique	Relais Buchholz, etc.	GRD/ECE/GIC
Système de protection du transformateur 1	Protection différentielle Protection à maximum de courant à retard indépendant I> Protection contre les surcharges	GRD/ECE/GIC
Système de protection du transformateur 2	Protection de distance pour le côté HT Protection à maximum de courant à retard indépendant I>>, I>	GRD/ECE/GIC
	Protection de distance pour le côté BT Protection à maximum de courant à retard indépendant I>>, I>	
	Protection différentielle optionnelle	
Protection de réserve au sein de la PJB/PDD	Protection à maximum de courant à retard indépendant I>	Swissgrid

2. Interface des transformateurs d'intensité/de tension

2.1 Généralités

- (1) Les groupes de mesure et/ou les transformateurs d'intensité/de tension du côté de Swissgrid sont en général pourvus de deux noyaux ou enroulements de mesure et de deux noyaux ou enroulements de protection. Swissgrid est chargée du dimensionnement des transformateurs du côté haute tension et coordonne cette tâche avec le GRD/l'ECE/le GIC. Il s'agit de coordonner les points de mise à la terre des différents transformateurs.

2.2 Transformateurs d'intensité

Enroulement	Bloc 1	Bloc 2	Bloc 3
1 (mesure)	Swissgrid Compteur 1		
2 (mesure)	Swissgrid Compteur 2	Swissgrid Appareil de commande	GRD/ECE/GIC Le cas échéant, enregistrement de la qualité du courant (PQ) GRD/ECE/GIC
3 (protection)	Swissgrid Le cas échéant, 2 ^e PJB/PDD	GRD/ECE/GIC Système de protection du transformateur 1 Le cas échéant, perturbographe autonome	Swissgrid Le cas échéant, protection autonome à maximum de courant à retard indépendant
4 (protection)	Swissgrid PJB/PDD avec protection intégrée à maximum de courant à retard indépendant	GRD/ECE/GIC Système de protection du transformateur 2 Le cas échéant, perturbographe autonome	Swissgrid Le cas échéant, perturbographe autonome

Tableau 1: Transformateurs d'intensité, répartition entre Swissgrid et le GRD/l'ECE/le GIC



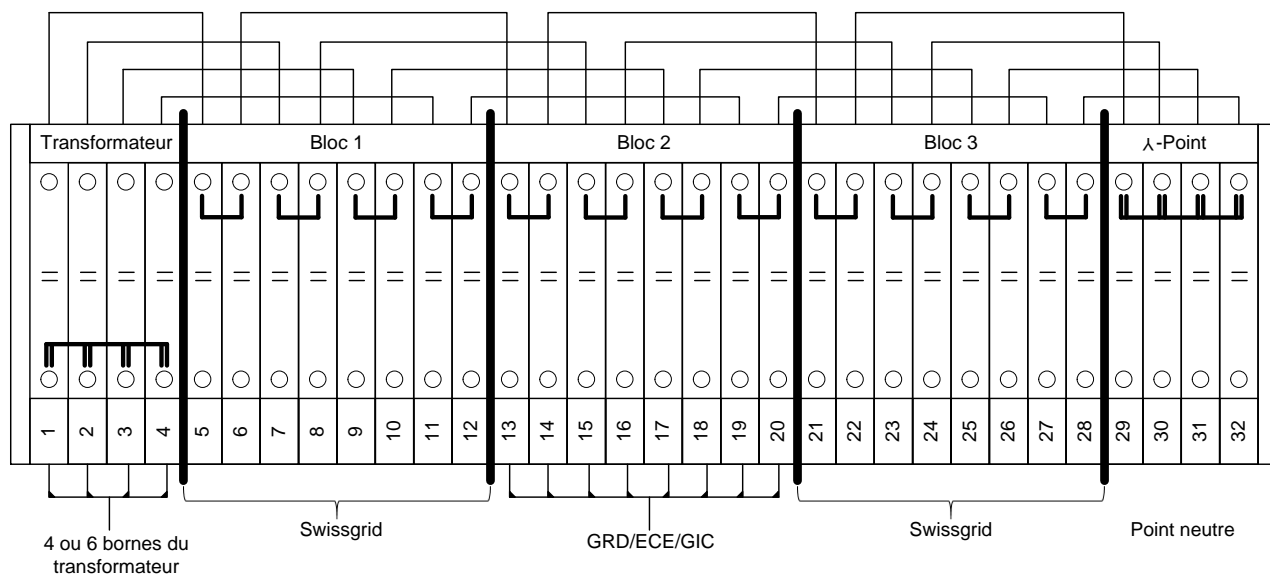


Figure 2: Vue d'ensemble de l'interface des transformateurs d'intensité

- (1) Les interfaces des différents noyaux électriques avec le GRD/l'ECE/le GIC doivent être réalisées à l'aide de bornes de courant appropriées pour que les transformateurs puissent être court-circuités, respectivement séparés.

2.3 Transformateurs de tension

Enroulement	Bloc 1	Bloc 2	Bloc 3
1 (mesure)	Swissgrid Compteur 1		
2 (mesure)	Swissgrid Compteur 2	Swissgrid Appareil de commande	Swissgrid Le cas échéant, perturbographe autonome
3 (protection)	GRD/ECE/GIC Système de protection du transformateur 1 ou 2 Le cas échéant, perturbographe autonome		
4 (protection)	Swissgrid Le cas échéant, perturbographe autonome	GRD/ECE/GIC Le cas échéant, enregistrement de la qualité du courant (PQ) GRD/ECE/GIC	

Tableau 2: Transformateurs de tension, répartition entre Swissgrid et le GRD/l'ECE/le GIC



- (1) Un enroulement exclusif est prévu pour le GRD/l'ECE/le GIC.

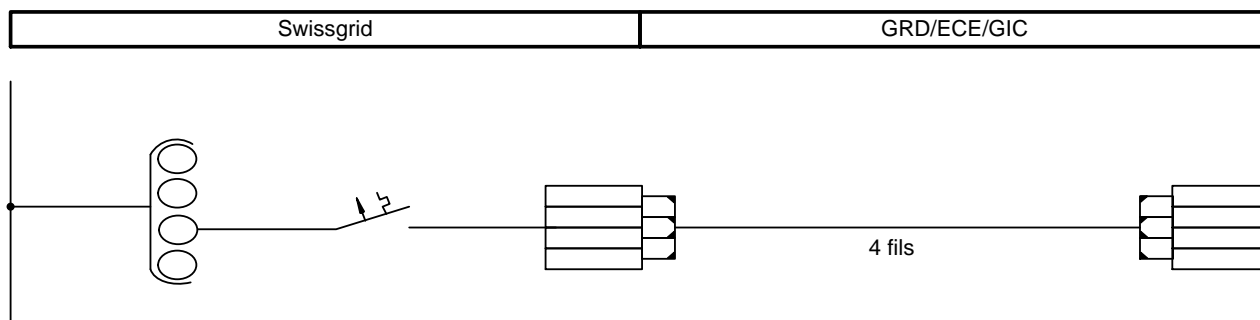


Figure 3: Exemple de l'enroulement 3, circuit transformateur de tension

- (2) Swissgrid est responsable du dimensionnement et de la conception du mini-disjoncteur des transformateurs de tension. La protection du circuit de tension du GRD/de l'ECE/du GIC doit être réalisée de manière à ce que le mini-disjoncteur des transformateurs de tension, p. ex. SIRIUS 3RV1, protège le circuit secondaire des surcharges et des courts-circuits.
- (3) Pour empêcher tout dysfonctionnement dans le déclenchement de la protection d'impédance, des contacts auxiliaires spécifiques, affectés dans le temps aux contacts principaux du mini-disjoncteur, sont requis. Ces contacts auxiliaires permettent de bloquer la fonction de protection de distance.

3. Interface des déclenchements de protection avec initialisation de la PDD

3.1 Déclenchements de protection directs avec liaisons par câbles en cuivre

3.1.1 Généralités

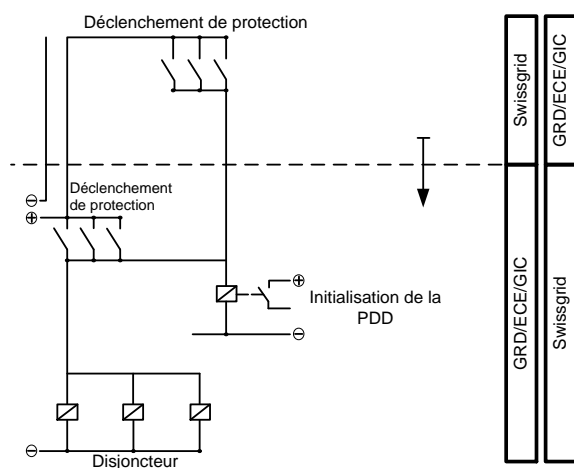
- (1) Les déclenchements par protection sont réalisés de manière identique, quelles que soit la provenance de ceux-ci. Les circuits de déclenchement 1 et 2 sont si possible alimentés par deux systèmes CC indépendants. En l'absence de ces derniers, les circuits de déclenchement 1 et 2 doivent être protégés séparément.
- (2) Déclenchements de protection de Swissgrid au GRD/à l'ECE/au GIC
- Protection de jeu de barres/contre les défaillances de disjoncteur
 - Protection de réserve à maximum de courant à retard indépendant



(3) Déclenchements de protection du GRD/de l'ECE/du GIC à Swissgrid

- Système de protection du transformateur 1
- Système de protection du transformateur 2
- Protection mécanique du transformateur
- Protection de jeu de barres/contre les défaillances de disjoncteur
- Autres déclenchements de protection

3.1.2 Déclenchements de protection directs sur le disjoncteur



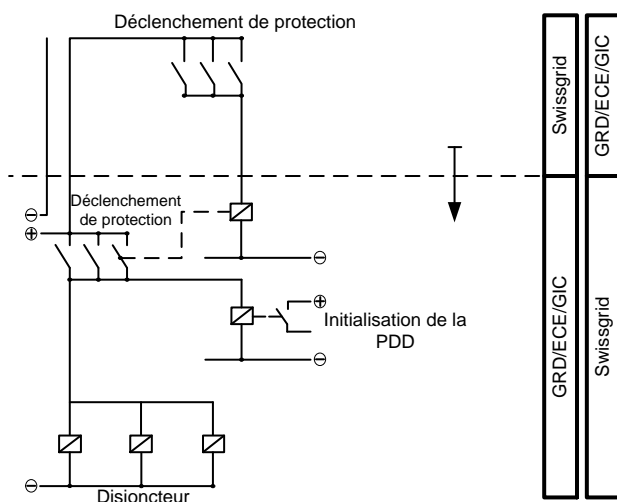
Circuit de déclenchement pour déclench. 1 ou 2

Les ordres de déclenchement des systèmes de protection électriques et mécaniques sont câblés par la voie la plus directe possible sur les deux bobines de déclenchement du disjoncteur.

L'initialisation de la PDD se fait via des relais intermédiaires.

Le pôle négatif de l'alimentation doit être mis à disposition sur le bornier interface à des fins de mesure et de contrôle.

3.1.3 Déclenchements de protection via des relais de déclenchement (longues lignes d'amenée)



Circuit de déclenchement pour déclench. 1 ou 2

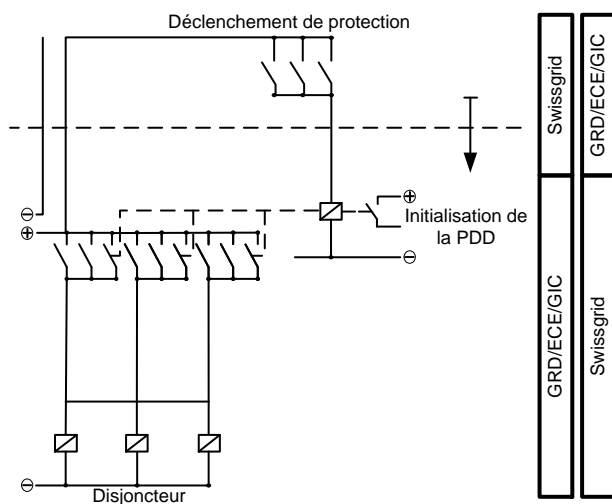
Les ordres de déclenchement des systèmes de protection électriques et mécaniques sont câblés par la voie la plus directe possible via des relais de déclenchement appropriés et rapides (temps de réponse ≤ 10 ms).

L'initialisation de la PDD se fait via des relais intermédiaires.

Le pôle négatif de l'alimentation doit être mis à disposition sur le bornier interface à des fins de mesure et de contrôle.



3.1.4 Déclenchements de protection via des relais de déclenchement (surveillance du circuit de déclenchement)



Circuit de déclenchement pour déclench. 1 ou 2

Les ordres de déclenchement des systèmes de protection électriques et mécaniques sont câblés par la voie la plus directe possible via des relais de déclenchement appropriés et rapides (temps de réponse ≤ 10 ms).

Ces relais assurent le découplage pour la surveillance du circuit de déclenchement.

L'initialisation de la PDD se fait via des relais intermédiaires.

Le pôle négatif de l'alimentation doit être mis à disposition sur le bornier interface à des fins de mesure et de contrôle.

3.2 Déclenchements de protection via des liaisons par FO

3.2.1 Introduction

- (1) En fonction de la situation, le GRD/l'ECE/le GIC doit monter son unité de protection, de contrôle-commande ou de synchronisation dans la sous-station de Swissgrid. Pour ces armoires déportées, il faudrait dans la mesure du possible mettre à disposition un local à part entière doté d'un accès propre. À cet effet, Swissgrid met à disposition toutes les tensions CA/CC requises.



3.2.2 Déclenchements de protection via des unités de protection déportées

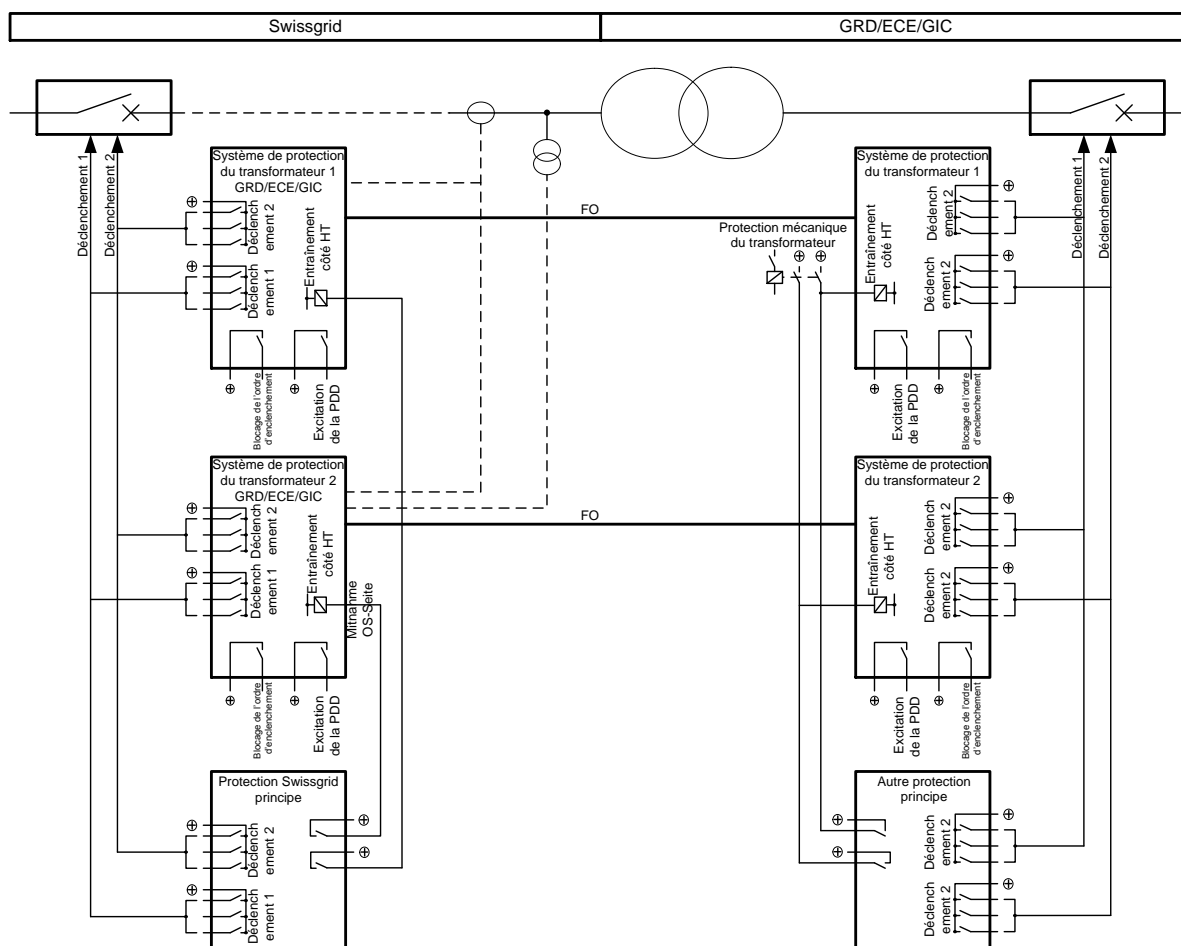


Figure 4: Vue d'ensemble de la disposition des appareils de protection

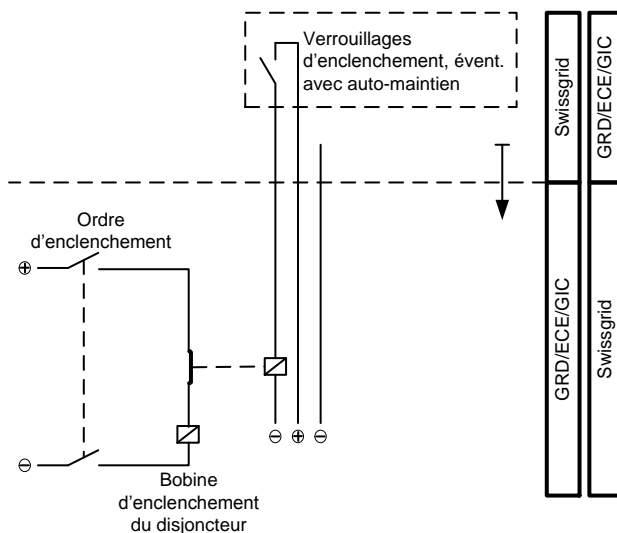
- (1) Les systèmes de protection du transformateur 1 et 2 sont montés de manière décentralisée dans la partie de l'installation appartenant à Swissgrid, ainsi que chez le GRD/l'ECE/le GIC et reliés via des FO. Les déclenchements de protection externes réciproques, comme la protection mécanique du transformateur, sont saisis dans les deux systèmes de protection du transformateur et transmis à la station opposée indépendamment l'un de l'autre. Les systèmes de protection du transformateur 1 et 2 sont si possible alimentés par deux systèmes CC indépendants. Pour les installations pourvues d'un seul système CC, les systèmes de protection 1 et 2 doivent au moins être protégés séparément.



(2) Chacun des deux systèmes de protection du transformateur dispose au minimum des entrées et sorties suivantes:

- 1 resp. 3 contacts pour le circuit de déclenchement 1 du disjoncteur
- 1 resp. 3 contacts pour le circuit de déclenchement 2 du disjoncteur
- 1 contact pour le blocage de l'ordre d'enclenchement
- 1 contact pour l'initialisation de la PDD
- 1 entrée binaire pour le déclenchement du disjoncteur à la station opposée

4. Interface de blocage de l'ordre d'enclenchement du disjoncteur



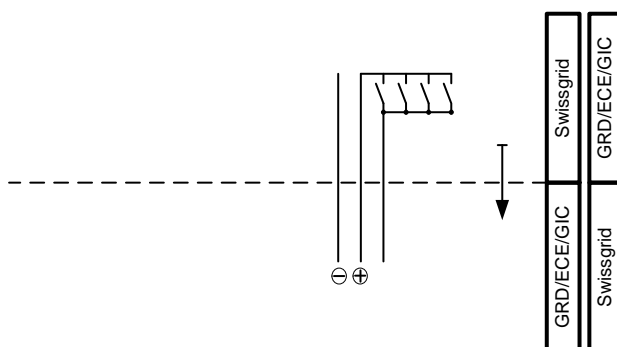
Si nécessaire, le verrouillage d'enclenchement bloque l'ordre d'enclenchement du disjoncteur. Un éventuel auto-maintien est laissé à l'appréciation de Swissgrid et/ou du GRD/de l'ECE/du GIC et doit être convenu entre les deux parties.

La réalisation doit être effectuée de préférence à l'aide d'un relais intermédiaire.

L'alimentation du blocage de l'ordre d'enclenchement provient du côté où le disjoncteur est monté.

Le pôle négatif de l'alimentation doit être mis à disposition sur le bornier interface à des fins de mesure et de contrôle.

5. Interface des retours de signalisation pour la protection et les verrouillages



Les retours de signalisation nécessaires pour la protection et les verrouillages sont fournis mutuellement, par la voie la plus directe possible, par l'émetteur par des contacts libres de potentiel.

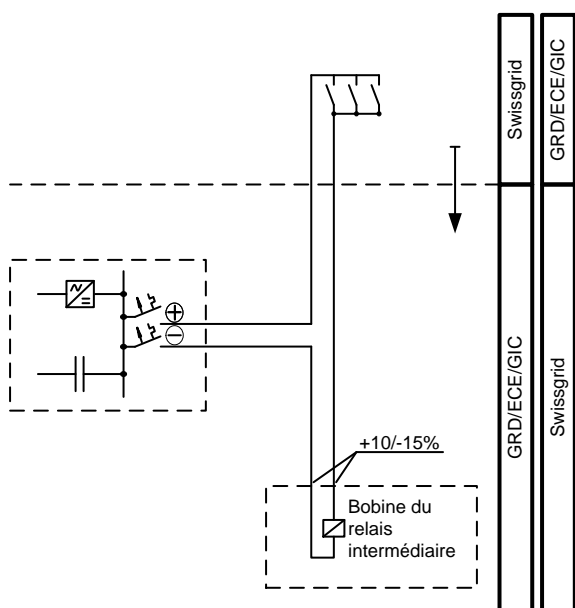
Le pôle négatif de l'alimentation doit être mis à disposition sur le bornier interface à des fins de mesure et de contrôle.



(1) Exemples de signalisations possibles:

- Retour de signalisation du midi-disjoncteur des transformateurs de tension
- Retour de signalisation de la position du disjoncteur pour les systèmes de protection et d'enregistrement
- Retour de signalisation spécifique au projet, après concertation

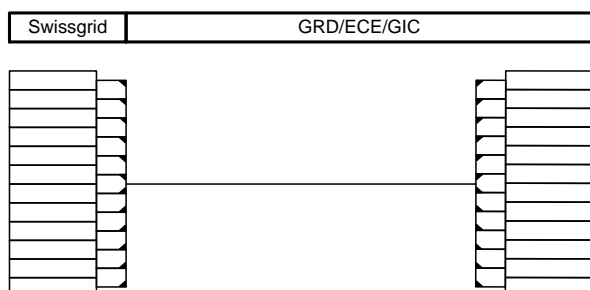
6. Contrôle de la chute de tension CC



Il faut s'assurer que les chutes de tension dans les lignes d'aménée ne soient pas trop importantes pour que l'équipement puisse fonctionner dans la plage de tension prescrite, de +10% à -15%. La chute de tension doit être examinée avec précision, notamment au niveau des relais de déclenchement. Dans le cadre de la définition des sections des câbles de commande, il convient d'étudier les sélectivités et/ou le comportement de déclenchement des automates de protection selon l'OIBT/la NIBT.

Si l'alimentation du redresseur tombe en panne, la tension CC baissera continuellement. Il incombe au gestionnaire ou à l'exploitant respectif (Swissgrid et/ou le GRD/l'ECE/le GIC) de définir la tension CC minimale permettant d'exploiter l'installation.

7. Câblage de l'ensemble de l'installation



Tous les fils des câbles secondaires doivent être entièrement raccordés à leurs deux extrémités sur des bornes sectionnables. L'exploitant de l'installation correspondant définit le type de borne. Les fils des types de câbles utilisés doivent être numérotés.

Il faut coordonner le type de câble, la classe incendie, les sections du conducteur et la mise à la terre des gaines de câbles.



7.1 Potentiels de terre différents dans l'installation

- (1) Si les mises à la terre de l'installation diffèrent entre Swissgrid et le GRD/l'ECE/le GIC, il convient de prendre diverses mesures préventives pour que l'équipement fonctionne parfaitement ou ne soit pas détruit en cas de dysfonctionnement.
- (2) De manière générale, les câbles de signalisation doivent présenter un blindage tressé épais et leurs fils doivent être torsadés. Il faut opter de préférence pour des blindages à double tresse et, en principe, les relier à la terre aux deux extrémités afin d'éviter que des tensions induites longitudinales n'apparaissent au niveau des fils de signalisation. Pour entrer les câbles de signalisation dans les boîtiers des appareils et les armoires de couplage, il convient d'utiliser des passages presse-étoupe ou des douilles de passage.
- (3) La mise à la terre bilatérale des blindages des câbles de signalisation exige que ces derniers soient tous accompagnés au minimum d'un conducteur de terre résistant au courant (section similaire à celle des autres raccordements de terre). Il est recommandé de poser les câbles de signalisation dans un canal métallique relié en continu et raccordé à la terre aux deux extrémités (aux boîtiers métalliques des terminaux).
- (4) Il faudrait coordonner l'isolation des câbles avec celle des immunités des appareils de protection.

Essai	Valeur de la tension
Salves à 1 MHz	2,5 kV (tension de crête)
Transitoires électriques rapides	4 kV (tension de crête)

Tableau 3: Valeurs CEM pour les essais-types des appareils de protection selon la norme CEI 60255-26

7.2 Exemple de réparation des câbles

- 1 câble Courants pour le système de protection du transformateur 1
- 1 câble Courants pour le système de protection du transformateur 2
- 1 câble Tensions pour le système de protection du transformateur 1/2
- 1 câble Commande/signalisation, avec alimentation de Swissgrid, CC 1
- 1 câble Commande/signalisation, avec alimentation de Swissgrid, CC 2
- 1 câble Commande/signalisation, avec alimentation du GRD/de l'ECE/du GIC, câble 1
- 1 câble Commande/signalisation, avec alimentation du GRD/de l'ECE/du GIC, câble 2

- (1) Les autres types de câbles tels que les FO ou les câbles spéciaux pour les communications doivent être définis spécifiquement en fonction du projet.

