

# RPH3

Contrôleur Point-on-Wave



## Manuel d'utilisation

Volume 1  
Description

D1620 FR 03

## MODIFICATIONS

MODIFICATIONS					
03	J. Soubies-Camy	A. Fanget	D. Lequeux	17/12/2012	Disposition des schémas de dérivation, en considérant le contact M4-J4:2 & 3 comme normalement OUVERT
02	J. Soubies-Camy	A. Fanget	D. Lequeux	30/11/2012	Mise à jour des schémas de dérivation types Corrections du brochage
01	J. Soubies-Camy	A. Fanget	D. Lequeux	04/06/2012	Première édition
REV	ESTABLISHED	CHECKED	APPROVED	DATE	MODIFICATIONS

## TABLE DES MATIERES

Table des matières .....	3
Liste des tableaux.....	5
Liste des figures .....	6
Objet de ce document.....	9
Enoncé des dispositions légales .....	9
Références .....	10
Documents de référence ALSTOM .....	10
Référence aux normes internationales .....	10
Références supplémentaires .....	10
Consignes de sécurité et avertissements.....	11
Manipulation du RPH3 comme un équipement électronique .....	11
Déballage .....	11
Stockage .....	12
Installation .....	12
1 Introduction.....	13
<b>1-1</b> Utilisation de ce manuel .....	13
<b>1-2</b> Glossaire des termes .....	13
2 Introduction à la commutation Point-on-Wave .....	16
<b>2-1</b> Commutation aléatoire / commutation PoW .....	16
<b>2-2</b> Manœuvres de fermeture synchrones .....	20
<b>2-3</b> Manœuvres d'ouverture synchrones .....	23
3 La solution de commutation PoW d'ALSTOM : TCR RPH3.....	25
<b>3-1</b> Introduction .....	25
<b>3-2</b> Encombrement .....	26
<b>3-3</b> Schéma fonctionnel et répartition de l'architecture .....	27
<b>3-4</b> Manœuvre de l'appareillage – fonctionnalités de base pour les applications TCR .....	30
<b>3-4.1</b> Alimentation .....	34
<b>3-4.2</b> Echantillonnage de la tension de référence .....	35
<b>3-4.3</b> Détection du mode neutre du réseau .....	36
<b>3-4.4</b> Capture des commandes de manœuvre tripolaires de l'appareillage .....	37
<b>3-4.5</b> Pilotage des bobines de l'appareillage .....	39
<b>3-4.6</b> Mesure des temps de manœuvre de l'appareillage .....	43
<b>3-4.7</b> Echantillonnage des courants HT .....	50
<b>3-4.8</b> Echantillonnage des tensions de ligne HT .....	53
<b>3-5</b> Compensation des temps de manœuvre de l'appareillage .....	55
<b>3-5.1</b> Principe général .....	55
<b>3-5.2</b> Contribution de la température ambiante .....	57
<b>3-5.3</b> Contribution de la tension de commande du disjoncteur .....	59
<b>3-5.4</b> Contribution de la pression hydraulique .....	63
<b>3-5.5</b> Contribution du temps d'inactivité de l'appareillage .....	67
<b>3-5.6</b> Contribution de tous les autres facteurs : contrôle adaptatif .....	69
<b>3-6</b> Bridage des compensations .....	71

<b>3-7</b>	Alarmes, données en temps réel, et enregistrements de commutation	72
<b>3-7.1</b>	Données en temps réel	73
<b>3-7.2</b>	Signalisation des alarmes	75
<b>3-7.3</b>	Historique de commutation PoW (enregistrements des manœuvres du disjoncteur)	82
<b>3-8</b>	Réseau, communication & horloge temps réel	84
<b>3-9</b>	Réglages de configuration	85
<b>3-9.1</b>	Données relatives à l'application finale	85
<b>3-9.2</b>	Données relatives aux capteurs externes	85
<b>3-9.3</b>	Données relatives à l'appareillage	86
<b>3-9.4</b>	Données de commande PoW	88
<b>3-9.5</b>	Données relatives à la signalisation des alarmes	89
<b>3-10</b>	Variantes RPH3	91
<b>3-11</b>	Description du brochage	92
<b>3-11.1</b>	Bornes module M1	93
<b>3-11.2</b>	Bornes module M2	93
<b>3-11.3</b>	Bornes module M3	93
<b>3-11.4</b>	Bornes module M4	94
<b>3-12</b>	Schémas de raccordement	97
<b>3-12.1</b>	Mise à la terre du boîtier, alimentation électrique et mode neutre du réseau	97
<b>3-12.2</b>	Tension de référence	98
<b>3-12.3</b>	Capteurs analogiques	98
<b>3-12.4</b>	Contrôle de l'appareillage et dérivation du RPH3	99
<b>3-12.5</b>	Contacts d'alarme de relais et signalisation de l'appareillage	104
<b>3-13</b>	Caractéristiques techniques	105
<b>4</b>	Notes d'applications .....	109
<b>4-1</b>	Etendue des applications de commutation PoW	109
<b>4-2</b>	Commutation des transformateurs HT et des réactances 3 noyaux	110
<b>4-2.1</b>	Manœuvres de fermeture	110
<b>4-2.2</b>	Manœuvres d'ouverture	114
<b>4-3</b>	Commutation de réactances shunt HT simple noyau non-saturables	116
<b>4-3.1</b>	Manœuvres de fermeture	116
<b>4-3.2</b>	Manœuvres d'ouverture	116
<b>4-4</b>	Commutation de condensateurs HT	117
<b>4-4.1</b>	Manœuvres de fermeture	117
<b>4-4.2</b>	Manœuvres d'ouverture	118
<b>4-5</b>	Commutation des lignes de transport HT	119
<b>4-5.1</b>	Manœuvres de fermeture	119
<b>4-5.2</b>	Manœuvres d'ouverture	125
<b>4-6</b>	Commutation de charges inductives équipées d'une résistance de mise à la terre du neutre (NGR)	126

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Programmes de commutation prédéfinis du RPH3 .....	32
Tableau 2 : Détection du mode neutre du matériel.....	36
Tableau 3 : Valeurs recommandées pour les seuils de courant (méthode de mesure des temps de manœuvre 2) .....	49
Tableau 4 : Conditions de la DEL d'alarme « 3 - Alarme système » .....	77
Tableau 5 : Conditions de la DEL d'alarme « 4 - Alarme d'application » .....	79
Tableau 6 : Etat des contacts de sortie d'alarme de relais .....	81
Tableau 7 : Applications types pour la commutation PoW.....	109
Tableau 8 : Programme de commutation personnalisé pour les charges inductives équipées de NGR.....	127

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Le contrôleur PoW fonctionne comme un équipement de commande d'appareillage.....	16
Figure 2 : Commutation synchronisée par rapport à la commutation aléatoire sur différentes charges.....	17
Figure 3 : Manœuvre de fermeture PoW / exemple sur un groupe de réactances.....	18
Figure 4 : Excitation synchrone d'une réactance shunt (temporisations sur 1 pôle).....	20
Figure 5 : Fermeture du disjoncteur à la tension zéro : temps de pré-arc en fonction du RDDS et de la déviation mécanique de l'interrupteur du DJ.....	21
Figure 6 : Fermeture du disjoncteur sur un pic de tension : temps de pré-arc en fonction du RDDS et de la déviation mécanique de l'interrupteur du DJ.....	22
Figure 7 : Interruption synchrone du courant d'une réactance shunt (temporisations sur 1 pôle).....	23
Figure 8 : RPH3 3/4 & vues de face.....	25
Figure 9 : Vue arrière du RPH3.....	25
Figure 10 : Encombrement du RPH3.....	26
Figure 11 : Schéma fonctionnel du contrôleur RPH3 (simplifié).....	27
Figure 12 : Douille de sécurité sur le module M3.....	28
Figure 13 : Répartition de l'IHM du RPH3.....	29
Figure 14 : Prise de connexion Ethernet (M2-J3).....	29
Figure 15 : Modèle de machine à états du RPH3 pour les applications TCR.....	30
Figure 16 : Processus de sélection du programme de commutation.....	33
Figure 17: Réglages de la stratégie de repli (IHM web).....	33
Figure 18 : Alimentation du RPH3.....	34
Figure 19 : Raccordement de la tension de référence.....	35
Figure 20 : Exemple d'utilisation d'un sectionneur de neutre.....	36
Figure 21 : Echantillonnage des commandes de manœuvre du DJ avant le pilotage des bobines du DJ.....	37
Figure 22 : Filtrage des entrées de commande tripolaire par le contrôleur RPH3.....	37
Figure 23 : Seuils de tension pour le filtrage des entrées logiques.....	37
Figure 24 : Câblage des entrées de commande de fermeture et d'ouverture.....	38
Figure 25 : Câblage des sorties de commande des bobines du disjoncteur : schéma du MODE COMMUN (appareillage en position ouverte).....	39
Figure 26 : Câblage des sorties de commande des bobines du disjoncteur : schéma du MODE DIFFERENTIEL (appareillage en position ouverte).....	40
Figure 27 : IHM web : sélection du schéma de câblage des bobines de l'appareillage.....	40
Figure 28 : Alarmes d'auto-tests (accessibles sur l'IHM web).....	41
Figure 29 : Alarme de tension de commande si aucune tension continue n'est présente sur le connecteur M3-J1 du RPH3.....	41
Figure 30 : Ajustement de la durée pour les 3 impulsions de commande de fermeture de sortie.....	42
Figure 31 : Définition des temps de manœuvre.....	43
Figure 32 : Réglage des temps de manœuvre nominaux du disjoncteur (IHM web).....	44
Figure 33 : IHM web : choix de la méthode préférée pour la mesure des temps de fonctionnement.....	44
Figure 34 : Plage de validité et tolérance pour le temps de manœuvre.....	45
Figure 35 : Alarme déclenchée si le temps de manœuvre mesuré est hors plage.....	45
Figure 36 : Raccordement des contacts auxiliaires de l'appareillage.....	46
Figure 37 : Définition du décalage temporel pour les contacts auxiliaires.....	46
Figure 38 : Ajustement du décalage temporel pour les contacts auxiliaires.....	47

Figure 39 : Mesure du temps de manœuvre .....	48
Figure 40 : Analyse de forme d'onde pour dater l'initiation du courant : exemple pour une manœuvre de fermeture de pôle .....	49
Figure 41 : Douille de sécurité sur l'interface M3-J4.....	50
Figure 42 : Interface de mesure du courant HT.....	50
Figure 43 : Réglages du ratio de transformation du courant (IHM web) .....	51
Figure 44 : Ajustement du seuil de courant HT instantané (IHM web) .....	51
Figure 45 : Alarme du courant HT instantané (IHM web) .....	52
Figure 46 : Surveillance en « temps réel » des courants HT à des fins de E&C.....	52
Figure 47 : Raccordement de l'interface des tensions de ligne HT .....	53
Figure 48 : Réglage du rapport de transformation du TP pour les tensions de ligne HT .....	53
Figure 49 : Mesures des tensions de ligne HT .....	54
Figure 50 : Compensations : exemple d'une manœuvre de fermeture .....	55
Figure 51 : Activation / désactivation des contributions de compensation.....	56
Figure 52 : Réglage de la table de compensation de températures dans l'IHM web (niveau d'accès ≥ Superviseur) .....	57
Figure 53 : Caractéristique de compensation de température (interpolation linéaire) : exemple pour les manœuvres de fermeture.....	57
Figure 54 : Installation type du capteur de température ambiante .....	58
Figure 55 : IHM web : ajustement des facteurs d'échelle du capteur de température (niveau d'accès ≥ Superviseur).....	58
Figure 56 : IHM web : réglages de la compensation de tension.....	60
Figure 57 : Caractéristique de compensation de la tension d'alimentation des bobines.....	61
Figure 58 : Raccordement de l'interface de surveillance de la tension d'alimentation des bobines .....	62
Figure 59 : IHM web : réglages de la compensation de pression .....	63
Figure 60 : Caractéristique de compensation de la pression hydraulique .....	65
Figure 61 : IHM web : ajustement des facteurs d'échelle du capteur de pression hydraulique (niveau d'accès ≥ Superviseur) .....	65
Figure 62 : Raccordement des capteurs de pression hydraulique.....	66
Figure 63 : IHM web : réglages de la compensation du temps d'inactivité .....	67
Figure 64 : Caractéristique de la loi de compensation du temps d'inactivité .....	68
Figure 65 : Effets du contrôle adaptatif.....	69
Figure 66 : IHM web : réglage du facteur de pondération du contrôle adaptatif.....	70
Figure 67 : IHM web : réglage des compensations et fonctionnalité de bridage du contrôle adaptatif.....	71
Figure 68 : Accès aux données en temps réel (IHM web).....	72
Figure 69 : Accès aux dernières données de commutation PoW (IHM web).....	72
Figure 70 : DEL en façade et contacts de sortie de relais.....	75
Figure 71 : Cycle de traitement des alarmes .....	76
Figure 72 : Réglage de l'affectation des alarmes via l'IHM web .....	80
Figure 73 : Chargement des 1025 derniers enregistrements de commutation (IHM web) .....	82
Figure 74 : Logiciel RPH Manager : données détaillées sur la commutation PoW et historique des alarmes.....	83
Figure 75 : Logiciel RPH : forme d'onde complète .....	83
Figure 76 : Réglages du réseau IP et réglage de l'horloge du RPH3 .....	84
Figure 77 : Réglages relatifs aux capteurs externes.....	85
Figure 78 : Réglages relatifs à l'appareillage : exemple pour la fermeture du disjoncteur.....	86
Figure 79 : Réglages de commande PoW .....	88
Figure 80 : Réglages de commande PoW : exemple pour la fermeture du disjoncteur (programme de commutation = « mode utilisateur »).....	89
Figure 81 : Réglages relatifs à la signalisation des alarmes – seuils généraux .....	89

Figure 82 : Réglages liés à la signalisation des alarmes – limites des temps de manœuvre & bridage des compensations .....	89
Figure 83: Affectation des bornes du RPH3 .....	92
Figure 84 : Alimentation & câblage du neutre du réseau à la terre.....	97
Figure 85 : Alimentation & câblage du neutre du réseau isolé .....	97
Figure 86 : Tension de référence : câblage type.....	98
Figure 87 : Transducteurs de température ambiante & de pression hydraulique : schéma de câblage type.....	98
Figure 88 : Schéma de dérivation - interdit sur les deux voies (variante de mode commun) .....	100
Figure 89 : Schéma de dérivation - interdit sur les deux voies (variante de mode différentiel) .....	100
Figure 90 : Schéma de dérivation - activé sur les deux voies (variante de mode commun) .....	101
Figure 91 : Schéma de dérivation - activé sur les deux voies (variante de mode différentiel) .....	101
Figure 92 : Schéma de dérivation - activé sur la voie de fermeture uniquement (variante de mode commun) .....	102
Figure 93 : Schéma de dérivation - activé sur la voie de fermeture uniquement (variante de mode différentiel) .....	102
Figure 94 : Schéma de dérivation - activé sur la voie d'ouverture uniquement (variante de mode commun) .....	103
Figure 95 : Schéma de dérivation - activé sur la voie d'ouverture uniquement (variante de mode différentiel) .....	103
Figure 96 : Signalisation du disjoncteur & contacts d'alarmes de relais : schéma de câblage type.....	104
Figure 97 : Séquence de commutation lors de l'excitation d'un transformateur ou de réactances 3 noyaux (neutre à la terre) .....	111
Figure 98 : Séquence de commutation lors de l'excitation d'une batterie de transformateurs mise à la terre avec enroulements secondaires ou tertiaires couplés en étoile .....	112
Figure 99 : Séquence de commutation lors de l'excitation d'une batterie de transformateurs mise à la terre avec enroulements secondaires ou tertiaires couplés en étoile.....	113
Figure 100 : Séquence de commutation lors de la désexcitation des transformateurs ou des réactances (neutre à la terre) .....	114
Figure 101 : Séquence de commutation lors de la désexcitation des transformateurs ou des réactances (neutre isolé) ..	115
Figure 102 : Séquence de commutation lors de l'excitation d'une réactance à simple noyau (neutre à la terre) .....	116
Figure 103 : Séquence de commutation lors de l'excitation d'une réactance à simple noyau (neutre isolé).....	116
Figure 104 : Séquence de commutation lors de l'excitation d'une batterie de condensateurs (neutre à la terre, initialement déchargée) .....	117
Figure 105 : Séquence de commutation lors de l'excitation d'une batterie de condensateurs (neutre isolé, initialement déchargée) .....	118
Figure 106 : Décharge et (ré-)enclenchement sur une ligne non compensée alimentée par un TP inductif .....	120
Figure 107 : Séquence de commutation lors du (ré-)enclenchement sur une ligne non compensée alimentée par des TP inductifs (neutre à la terre).....	120
Figure 108 : Séquence de commutation lors du (ré-)enclenchement sur une ligne non compensée alimentée par des TP inductifs (neutre isolé) .....	121
Figure 109 : Algorithme RPH3 pour le (ré-)enclenchement sur des lignes de transport non compensées alimentées par des TP capacitifs .....	122
Figure 110: (Ré-)enclenchement sur une ligne non compensée alimentée par un TP capacitif .....	123
Figure 111 : Séquence de commutation lors du réenclenchement sur une ligne non compensée alimentée par des TP capacitifs (neutre à la terre).....	123
Figure 112 : Formes d'onde de tension - lignes avec un haut degré de compensation .....	125
Figure 113 : Formes d'onde de tension - lignes avec un faible degré de compensation.....	125
Figure 114 : Mise à la terre du neutre pour une charge inductive via une NGR .....	126



## **OBJET DE CE DOCUMENT**

Ce document est un manuel d'utilisation fournissant des informations sur l'équipement RPH3, solution ALSTOM pour la commutation « Point-on-Wave » des appareillages haute tension. Ce manuel aide les utilisateurs finaux RPH3 pour la compréhension, l'installation, l'utilisation et la maintenance du RPH3.

## **ENONCE DES DISPOSITIONS LEGALES**

Ce manuel, et toutes les illustrations qu'il contient, sont protégés par copyright. L'utilisation de ce manuel par un tiers est interdite. La reproduction, traduction et divulgation, ainsi que l'archivage électronique et photographique ou la modification exigent l'accord explicite préalable d'ALSTOM.

Les contrevenants s'exposent à des poursuites judiciaires.

ALSTOM se réserve tous les droits en cas d'obtention de brevet ou d'inscription d'un modèle enregistré. Les produits tiers sont toujours désignés sans référence aux droits des brevets. L'existence de ces droits ne doit pas être exclue.

## REFERENCES

### Documents de référence ALSTOM

Les documents suivants fournis par ALSTOM doivent être utilisés en complément du présent manuel :

- [1] **D1621EN**  
*RPH3 USER'S MANUAL – Volume 2 – RPH3 Control interface*  
→ description détaillée et manuel d'utilisation de l'interface Homme Machine intégrée du RPH3 (basée sur le web)
- [2] **D1622EN**  
*RPH3 USER'S MANUAL – Volume 3 – RPH manager*  
→ description détaillée et manuel d'utilisation du logiciel pour PC « RPH Manager », à utiliser pour visionner les enregistrements d'événements du RPH3
- [3] **NOT 200.8550**  
*RPH3 USER'S MANUAL – Volume 1 – RPH3 for switching transmission lines*  
→ manuel du contrôleur RPH3 pour les applications de commutation des lignes de transport.

### Référence aux normes internationales

Les pôles des appareillages utilisés avec la commutation Point-on-Wave doivent être fermés au point approprié sur la forme d'onde de tension de chaque phase. Les pôles individuels doivent fonctionner à des moments correspondant à un décalage rotationnel de 120 degrés des tensions triphasées. Ces appareillages doivent être développés et fabriqués conformément à la norme CEI 62271-302 TR Ed.1: (Rapport technique) « Appareillage à haute tension – Partie 302 : disjoncteurs à courant alternatif à fonctionnement intentionnellement non simultané des pôles ». <sup>1</sup>

### Références supplémentaires

CIGRÉ Publication 262, « Controlled Switching of HVAC Switchgears - Benefits & Economic Aspects », Groupe de travail CIGRÉ A3.07, décembre 2004. <sup>2</sup>

CIGRÉ Publication 263, « Controlled Switching of HVAC Switchgears - Guidance for Further Applications Including Unloaded Transformer Switching, Load and Fault Interruption and Switchgear Uprating », Groupe de travail CIGRÉ A3.07, décembre 2004.

CIGRÉ Publication 264, « Controlled Switching of HVAC Switchgears - Planning, Specification and Testing of Controlled Switching Systems », Groupe de travail CIGRÉ A3.07, décembre 2004.

---

<sup>1</sup> Les publications CEI sont disponibles auprès de la Commission Electrotechnique Internationale (CEI), 3, rue de Varembé, Genève, Suisse <http://www.iec.ch>

<sup>2</sup> Les publications CIGRÉ sont disponibles auprès de CIGRÉ (Conférence Internationale des Grands Réseaux Électriques Haute Tension), 21, rue d'Artois, F 75008 Paris, France <http://www.cigre.org>

## CONSIGNES DE SECURITE ET AVERTISSEMENTS



**REMARQUE :** les décharges électrostatiques (ESD) peuvent provoquer des dommages irréversibles sur l'équipement RPH3.

Respecter les consignes de sécurité requises lors de la manipulation des composants vulnérables aux décharges électrostatiques (EN 61340-5-1 et EN-61340-5-2 ainsi que CEI 61340-5-1 et CEI 61340-5-2).



**REMARQUE :** avant toute mise sous tension, vérifier que les câbles de raccordement sont correctement verrouillés dans les bornes de connexion avec les vis intégrées.



**RISQUE DE CHOC ELECTRIQUE, D'EXPLOSION OU D'ARC ELECTRIQUE**

- Couper l'alimentation avant l'installation, le retrait, le câblage ou la maintenance.
- Vérifier que la tension d'alimentation du produit et ses tolérances sont compatibles avec celles du réseau.
- L'installation, l'utilisation et la maintenance du RPH3 et des produits associés décrit dans ce manuel doivent être limitées exclusivement aux ingénieurs qualifiés ou aux personnes mandatées par eux, car les utilisateurs du RPH3 doivent également être qualifiés pour utiliser des systèmes de commutation à haute tension.
- Aucune responsabilité ne peut être assumée par ALSTOM pour les conséquences découlant de l'utilisation de ce produit.

**LE NON-RESPECT DE CES CONSIGNES PEUT ENTRAINER DES BLESSURES GRAVES VOIRE LA MORT**

### Manipulation du RPH3 comme un équipement électronique

L'équipement RPH3 contient des composants électriques et électroniques qui peuvent rester sous tension après la déconnexion. L'utilisateur peut subir un choc électrique si les précautions et les consignes ne sont pas suivies avant la manipulation ou l'ouverture du boîtier.

- **Avant toute utilisation de l'équipement RPH3, le relier à la terre via la connexion de terre fonctionnelle et la borne/cosse de terre du boîtier.**
- Avant l'utilisation, vérifier que tous les connecteurs de câble enfichables sont correctement verrouillés dans le RPH3.
- Sur le RPH3, la continuité du câblage secondaire des transformateurs de courant est assurée par une connexion interne dans le connecteur (connexion « make before break »). Avant de retirer ces connecteurs, veiller à ne pas affecter la sécurité du personnel et à ne pas endommager les transformateurs de courant.

### Déballage

Malgré sa construction robuste générale, le RPH3 doit être manipulé avec précaution avant l'installation. Avant d'accepter le RPH3, vérifier qu'il n'a pas été endommagé pendant le transport. En cas de réclamation, contacter le transporteur et avertir votre contact habituel ALSTOM Grid.

## Stockage

Si le RPH3 ne doit pas être installé immédiatement après sa réception, il doit être stocké dans un lieu exempt de poussières et d'humidité, dans son emballage d'origine. Laisser le sachet déshydratant présent dans l'emballage, le cas échéant. L'efficacité de l'agent déshydratant est affectée si le sachet non protégé est exposé aux conditions environnantes.

Avant de replacer le contrôleur Point-on-Wave dans le boîtier, chauffer légèrement le sachet déshydratant pour régénérer l'agent déshydratant.

Température de stockage : -40°C à +70°C.

## Installation

Le RPH3 doit être installé dans la salle de commande ou de relais du poste. Sa position doit être choisie pour faciliter l'inspection, ce qui implique un accès simple aux raccordements arrières du RPH3 si nécessaire.

Le RPH3 doit être bien éclairé et correctement verrouillé à l'emplacement de son boîtier, en tenant compte de son poids (veiller à bien répartir le poids, et plus particulièrement en cas d'installation dans un endroit sujet à des vibrations importantes).

Le contrôleur Point-on-Wave RPH3 peut être installé dans un tableau ou dans un châssis adapté avec le matériel fourni. Une fixation spéciale est également disponible pour une intégration dans un rack 19" en cas d'exigences sismiques.

Le RPH3 pouvant se trouver à plusieurs centaines de mètres de l'appareillage (par ex. dans la salle de commande), vérifier que les exigences indiquées sur le schéma HT fourni par ALSTOM Grid sont respectées, et plus particulièrement l'absence d'injections de courant (même quelques milliampères, comme un dispositif de surveillance de bobine) sur les sorties du RPH3.

Quel que soit son emplacement, le boîtier du RPH3 doit être correctement mis à la terre avant d'être mis sous tension.

# 1 INTRODUCTION

## 1-1 Utilisation de ce manuel

Ce manuel fournit des informations sur la commutation Point-on-Wave en général et sur le fonctionnement de l'équipement RPH3. Il doit être utilisé comme un guide pour comprendre, installer et utiliser le RPH3, mais il ne fournit pas d'informations détaillées sur l'interface homme-machine du RPH3, qui est décrite dans un document séparé. Se reporter aux documents [1] et [2].

Ce manuel d'utilisation décrit les fonctions et fonctionnalités assurées par le RPH3, présente des notes d'application types, liste les variantes de produit disponibles ainsi que toutes les données nécessaires (relatives à l'appareillage lui-même et à son environnement) pour une utilisation appropriée de l'équipement.

## 1-2 Glossaire des termes

Les termes et acronymes ci-après sont utilisés dans ce manuel :

Acronyme	Signification
<b>HT</b>	Haute tension
<b>DJ</b>	Disjoncteur HT (ou appareillage)
<b>SG</b>	Appareillage HT (ou disjoncteur)
<b>PoW</b>	Point-on-Wave : capacité d'une unité à contrôler un mécanisme de commande de DJ de manière à ce que les contacts HT dans chaque chambre de coupure du DJ se séparent ou se touchent à une date synchronisée avec un point cible sur l'onde du signal HT correspondant.
<b>S/S</b>	Poste HT : site nœud d'un réseau de transport d'électricité.
<b>AIS</b>	Initialement « Air Insulated Switchgear » (tableau isolé dans l'air) Acronyme générique pour DJ dont la technologie de base est développée sur des chambres de coupure remplies de gaz spécial (SF <sub>6</sub> ) de sorte à optimiser l'extinction d'arc entre les contacts HT du DJ dans des applications allant jusqu'à 800 kV / 80 kA.
<b>GCB</b>	Disjoncteur d'alternateur : gamme de disjoncteurs spécialement conçue pour la commutation HT juste à l'arrière des générateurs d'énergie (centrales électriques).
<b>TP</b>	Transformateur de potentiel

Acronyme	Signification
<b>Pré-arc, Pré-amorçage</b>	Courant circulant entre les contacts pendant une manœuvre de fermeture avant que les contacts ne se touchent mécaniquement (IEEE C37.100)
<b>Durée de pré-arc</b>	Durée de pré-arc dans un pôle du DJ donné pendant une manœuvre de fermeture.
<b>Durée de fermeture</b> IEEEC37.100	Durée du déplacement mécanique des contacts du DJ depuis leur position entièrement ouverte jusqu'à leur position entièrement fermée.
<b>Temps de fermeture</b> IEEEC37.100	Avec le DJ initialement en position entièrement ouverte, temps entre l'initiation de la manœuvre de fermeture (date de déclenchement de la commande d'entrée de fermeture) et la date d'établissement de la continuité métallique dans : <ul style="list-style-type: none"> <li>- tous les pôles du DJ (temps de fermeture de l'appareillage)</li> <li>- ou le pôle concerné (temps de fermeture du pôle).</li> </ul>
<b>REMARQUE :</b> tout délai introduit par les équipements ne faisant pas partie du circuit de fermeture est exclu du temps de fermeture. En général, le temps de manœuvre des voies d'un contrôleur PoW n'est PAS compris dans le temps de fermeture.	

Acronyme	Signification
<b>Durée d'établissement</b> IEC62271-302	Avec le DJ initialement ouvert, temps entre la date de déclenchement de la commande de fermeture et la date à laquelle le courant commence à circuler à travers le pôle concerné (durée d'établissement du <u>pôle</u> ) ou à travers le premier pôle (durée d'établissement de l' <u>appareillage</u> ). Cette durée peut inclure le temps de pré-arc.
<b>REMARQUE 1 :</b> tout délai introduit par les équipements ne faisant pas partie du circuit de fermeture est exclu des durées d'établissement. En général, le temps de manœuvre des voies d'un contrôleur PoW n'est PAS compris dans les durées d'établissement.	
<b>Arc</b> IEEE C37.100	Continuation du courant entre les contacts du DJ pendant une manœuvre d'ouverture après la séparation mécanique des contacts.
<b>Durée d'ouverture (déclenchement)</b> IEEE C37.100	Durée du déplacement mécanique des contacts du DJ depuis leur position entièrement fermée jusqu'à leur position entièrement ouverte.
<b>Temps d'ouverture (déclenchement)</b> CEI62271-302	Avec le DJ initialement en position entièrement fermée, temps entre l'initiation de la manœuvre d'ouverture (déclenchement de la commande d'entrée de déclenchement) et la date de séparation des contacts d'arc dans : - tous les pôles (temps d'ouverture de l' <u>appareillage</u> ) - ou le pôle concerné (temps d'ouverture du <u>pôle</u> ). Variable selon le courant de coupure.
<b>REMARQUE 1 :</b> tout délai introduit par les équipements ne faisant pas partie du circuit d'ouverture est exclu du temps d'ouverture. En général, le temps de manœuvre des voies d'un contrôleur PoW n'est PAS compris dans le temps d'ouverture.	
<b>REMARQUE 2 :</b> les appareillages à déclenchement automatique n'ont pas d'entrées d'ouverture. Dans ce cas, le temps d'ouverture démarre lorsque, avec l'appareillage en position fermée, le courant dans le circuit principal atteint la valeur de fonctionnement du déclencheur à maximum de courant.	

Acronyme	Signification
<b>Temps d'inactivité</b>	Temps entre deux manœuvres du DJ consécutives, pendant lesquelles la position du DJ ne change pas.
<b>Contrôle adaptatif</b>	Ajustement des temporisations de commande du DJ basé sur les anciens modèles de fonctionnement (mesures des temps de manœuvre précédents du DJ) et sur le temps d'inactivité du DJ.
<b>Compensation</b>	Ajustement prédictif des temporisations de commande du DJ basé sur la température extérieure, les caractéristiques du mécanisme de commande (ex. pression hydraulique le cas échéant) et les conditions d'alimentation du circuit de commande lors de l'initiation de la manœuvre du DJ (IEC62271-302).
<b>REMARQUE :</b> le contrôle adaptatif est exclu de la compensation.	
<b>RDDS</b> CEI62271-302	« Rate of Decay of Dielectric Strength » d'un interrupteur. Il s'agit de la vitesse de diminution de la rigidité diélectrique sur les contacts de fermeture, lorsque les contacts se rapprochent pendant une manœuvre de fermeture. Cette caractéristique est importante dans l'évaluation du pré-arc avant le contact mécanique des contacts. (CIGRÉ Publication 262 à 264). En d'autres termes, le RDDS correspond à la réduction de la tenue en tension en fonction du temps ou de la distance des contacts lors de la fermeture d'un appareillage.
<b>RRDS</b> CEI62271-302	« Rate of Rise of Dielectric Strength » La tenue en tension augmente en fonction du temps ou de la distance des contacts pendant l'ouverture d'un appareillage.
<b>Fonctionnement synchrone</b> IEEE C37.100	Fonctionnement d'un appareil de commutation de telle sorte que les contacts soient fermés ou ouverts en un point prédéterminé sur une onde de tension ou de courant de référence.
<b>Point cible</b> pour la fermeture	Instant présumé où se touchent les contacts HT pendant une manœuvre de fermeture.
<b>Point cible</b> pour l'établissement	Instant présumé d'initiation du courant pendant une manœuvre de fermeture.
<b>Point cible</b> pour l'ouverture	Instant présumé où se séparent les contacts HT pendant une manœuvre d'ouverture.



## 2 INTRODUCTION A LA COMMUTATION POINT-ON-WAVE

### 2-1 Commutation aléatoire / commutation PoW

Les appareillages HT peuvent être contrôlés par plusieurs équipements de protection et de commande raccordés à leurs bobines de fermeture et d'ouverture. Parmi ces équipements, les contrôleurs « Point-on-Wave » peuvent être utilisés pour exciter les bobines de l'appareillage dans le but d'optimiser les manœuvres simples.

Les contrôleurs PoW ont été introduits dans les années 2000 comme une alternative aux résistances de pré-insertion coûteuses, aux parafoudres et aux réactances fixes, dont la principale fonction consistait à limiter les courants d'appel et à brider les surtensions sur le réseau ainsi que la charge commutée, pouvant survenir pendant les manœuvres de commutation aléatoire (et persister par la suite dans certains cas). De nombreuses raisons techniques et économiques permettent d'éviter ou de limiter ces phénomènes et d'utiliser les contrôleurs PoW pour agir sur leur cause d'origine au lieu d'appliquer des stratégies d'amortissement avec des équipements passifs, par exemple.

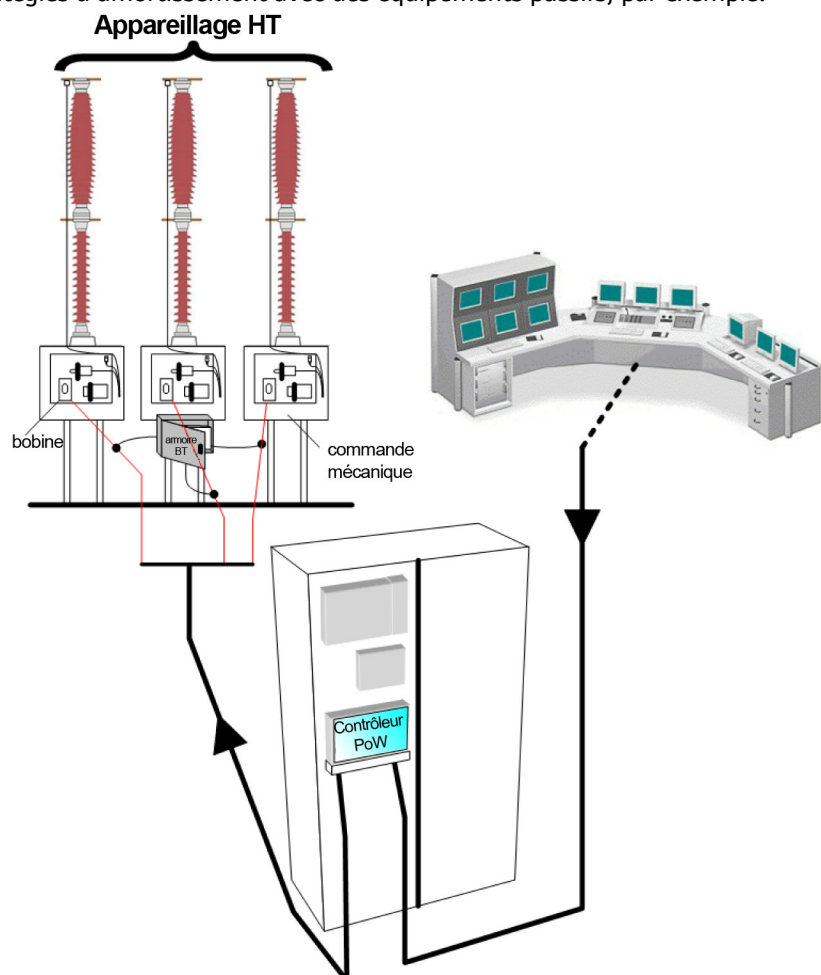


Figure 1 : Le contrôleur PoW fonctionne comme un équipement de commande d'appareillage

Les courants d'appel élevés peuvent provoquer des efforts électrodynamiques et déclencher des protections imprévues, alors que les surtensions peuvent entraîner des réamorçages, le vieillissement des parafoudres et diminuer les performances de résistance diélectrique de l'appareillage.

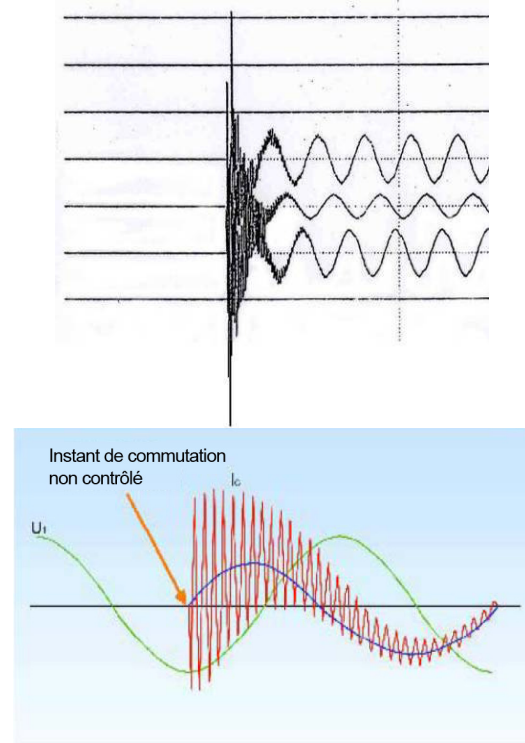
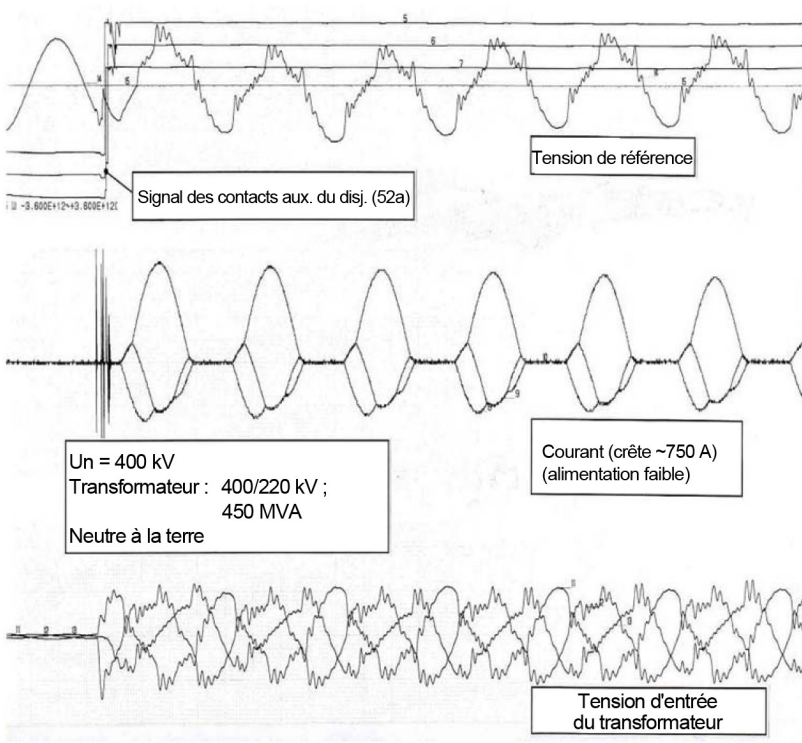


La Figure 2 ci-dessous illustre les principaux avantages de la « commutation synchrone » (i.e. commutation contrôlée PoW), par rapport à la « commutation aléatoire » (i.e. toutes les bobines de l'appareillage sont excitées au même moment) pendant une manœuvre de fermeture :

**charge inductive**

**charge capacitive**

commutation ALEATOIRE



commutation SYNCHRONISEE

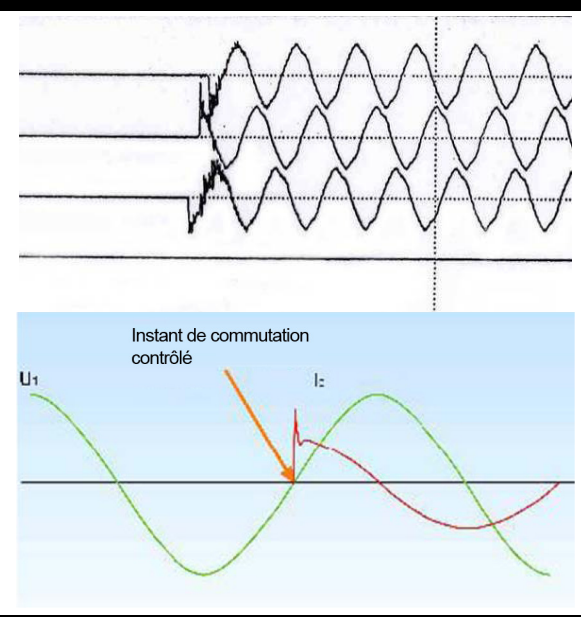
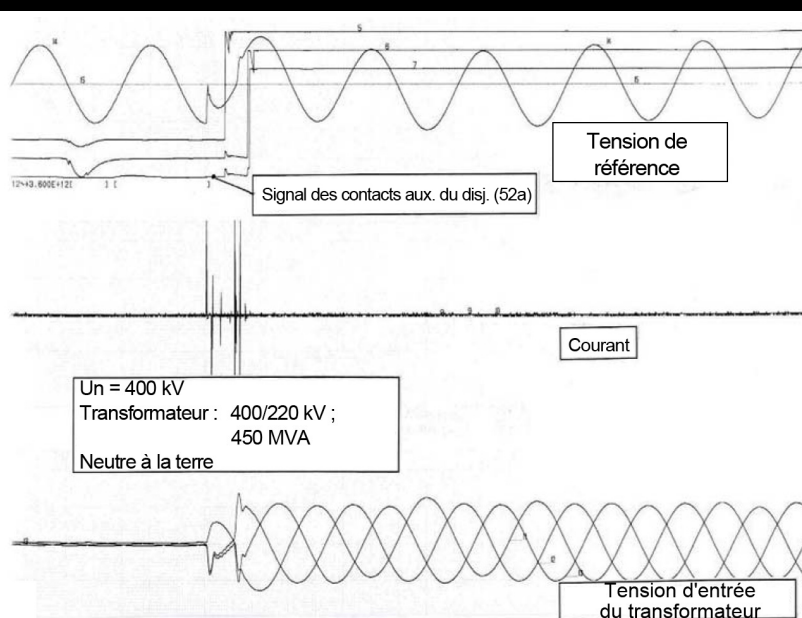


Figure 2 : Commutation synchronisée par rapport à la commutation aléatoire sur différentes charges

Pour assurer la commutation synchrone, la principale fonctionnalité d'un contrôleur PoW consiste à introduire un délai adapté entre l'instant où il reçoit une commande d'entrée pour manœuvrer l'appareillage (commande de fermeture ou d'ouverture) et l'instant où il démarre réellement l'excitation des bobines de l'appareillage, de telle manière que le courant HT soit établi ou coupé sur chaque phase HT au niveau des points cibles choisis sur les formes d'onde de tension de phase associées. Ce point cible pour l'initiation / la coupure du courant HT dans chaque pôle peut varier d'une application à l'autre, et principalement en fonction du type de charge commutée (réactance, condensateurs, ...) et du mode neutre associé (à la terre, isolé).

La Figure 3 ci-dessous illustre cette fonctionnalité pour une manœuvre de fermeture (exemple sur une charge inductive):

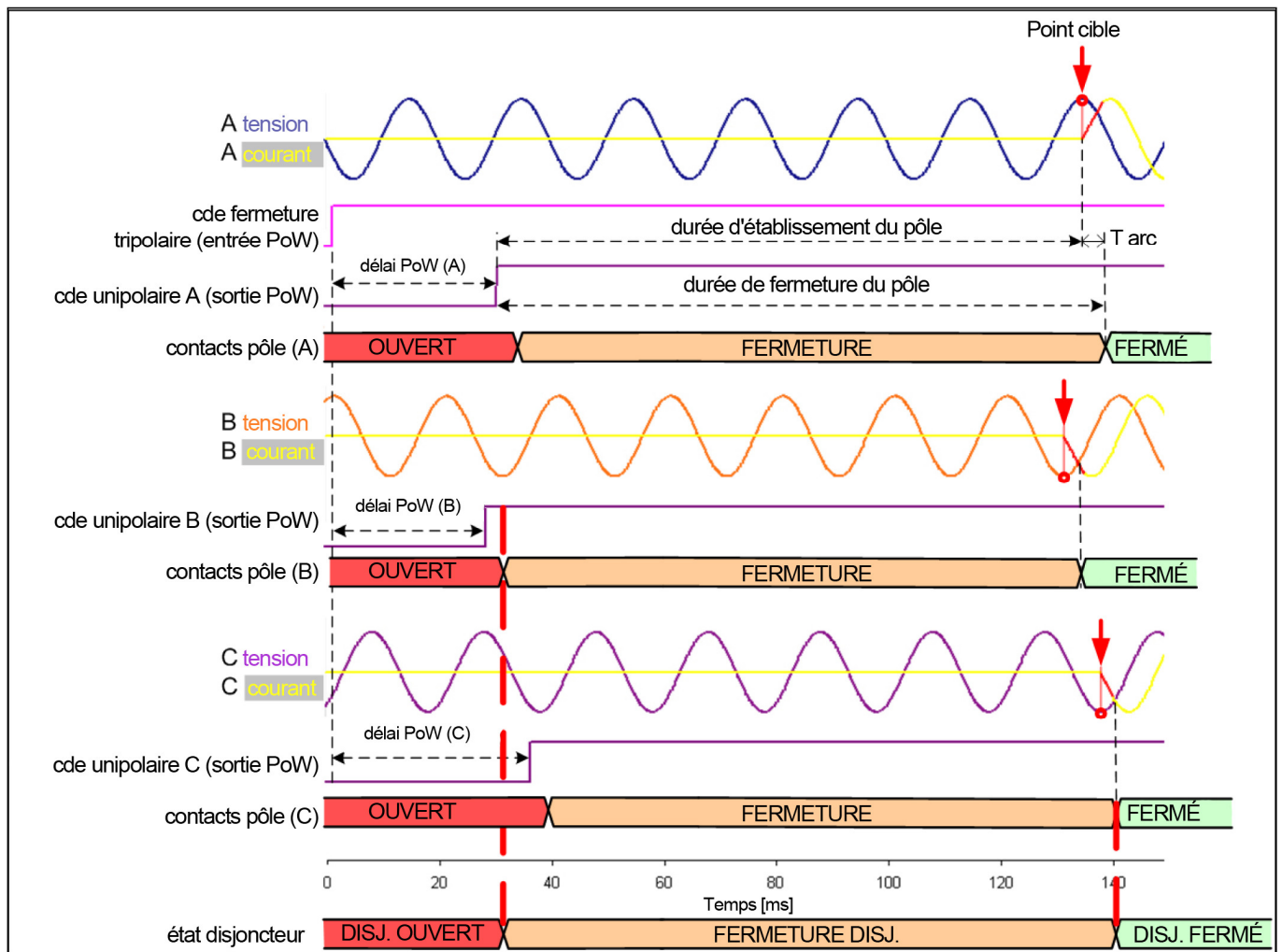


Figure 3 : Manœuvre de fermeture PoW / exemple sur un groupe de réactances

Lorsqu'il a reçu la commande d'entrée tripolaire, le contrôleur PoW doit prévoir le temps de fermeture ou d'ouverture sur chaque pôle afin d'introduire le délai le mieux adapté entre la commande d'entrée tripolaire et chaque commande de sortie unipolaire (excitation des bobines du DJ) pour limiter le plus possible les éventuels phénomènes transitoires (surtensions, courants d'appel, risque de réamorçage ou hachage du courant, ...).

Ces temps de fermeture et d'ouverture peuvent considérablement être affectés par la variation de plusieurs paramètres, parmi lesquels :

Paramètres liés à l'environnement :

- température ambiante réelle
- tension d'alimentation des bobines du DJ
- ...

Paramètres liés à l'appareillage :

- performances dynamiques (temps de manœuvre, vieillissement, dispersions mécaniques, pression hydraulique, etc.)
- état initial (ouvert, fermé, indéterminé) et temps d'inactivité
- rigidité diélectrique (RDDS, RRDS)
- ...

Paramètres liés au réseau électrique :

- impédance de charge (transformateur, batterie de condensateurs, réactances shunt, lignes de transport, etc.) et mode neutre
- présence ou non de condensateurs de répartition
- fréquence réseau réelle, niveau de tension, niveau de courant
- vitesse de balayage de la tension sur l'intervalle de contact
- ...

Selon l'application, certains de ces paramètres peuvent être statiques (ex. dispersions mécaniques) ou variables selon différentes lois (complètement aléatoires, linéaires...) d'une manœuvre du DJ à l'autre.

Une interaction optimale entre le contrôleur Point-on-Wave et l'appareillage est ainsi une caractéristique primordiale pour obtenir les résultats attendus pour les applications de commutation contrôlée Point-on-Wave.

**REMARQUE IMPORTANTE :** la commutation synchrone ne s'applique pas aux cycles de manœuvres rapides combinés : O-F, O-F-O, etc. car ces cycles sont dédiés à des situations d'urgence dans lesquelles le disjoncteur doit pouvoir s'ouvrir ou se fermer dès que possible sans aucune condition.

## 2-2 Manœuvres de fermeture synchrones

Pour définir le point cible optimal sur chaque onde de tension de phase pour une manœuvre de fermeture synchrone, prendre en compte les points suivants :

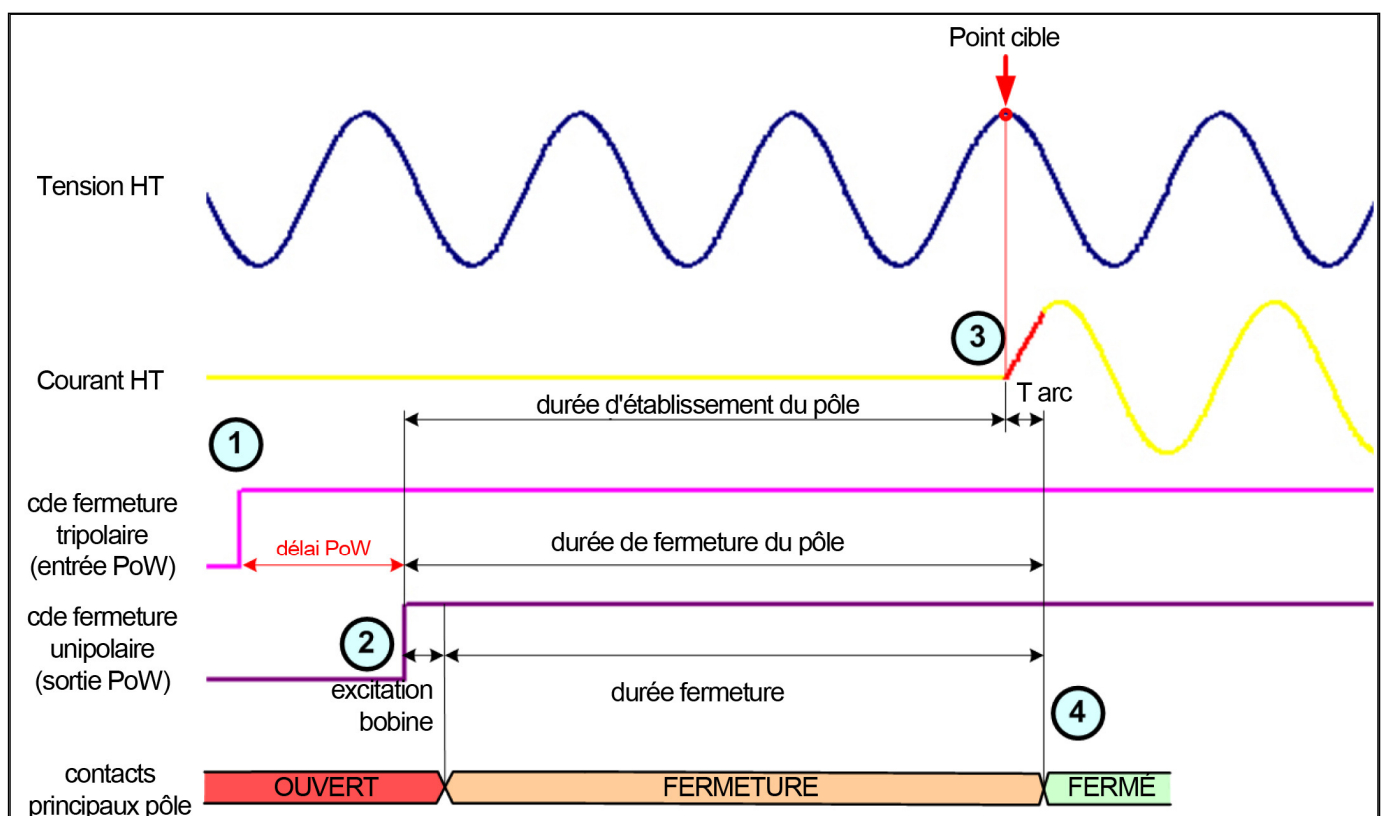
- L'impédance équivalente (type de charge + mode neutre) des éléments du circuit à exciter.
- La tension réelle dans les bornes de l'appareillage i.e. entre la ligne (fournissant l'énergie) et les éléments du circuit à exciter.

Le point cible optimal pour l'établissement du courant sur l'onde de tension de phase est défini par une date à laquelle la tension de phase et la tension du circuit sont au même niveau.

**Exemple** : le point cible le plus adapté pour l'excitation d'un condensateur correspond au point où la tension de phase atteint la valeur de la tension constante à travers le condensateur (0 V s'il est initialement déchargé).

Dans tous les cas, les conditions de tension doivent être prises en compte séparément sur chaque phase, en supposant qu'elles présentent un déphasage de 120 degrés électriques.

La Figure 4 ci-dessous fournit une illustration détaillée des temporisations impliquées sur 1 pôle du disjoncteur pendant une manœuvre de fermeture synchrone (exemple d'excitation d'une réactance shunt).



Lorsqu'il a reçu une impulsion valide sur son entrée de commande de fermeture (1), le contrôleur PoW est capable de sélectionner lui-même, sur la forme de tension de phase, le point cible optimal pour l'initiation du courant (3), en connaissant le type de charge à exciter (et le mode neutre associé) ainsi que le temps de fermeture du pôle.

Il calcule ensuite le délai approprié à introduire entre l'impulsion d'entrée (commande tripolaire) et le début de l'excitation de la bobine (2), en tenant compte des autres facteurs d'influence (température ambiante ou niveau réel de la tension d'alimentation de la bobine, ...), de sorte que le courant commence réellement à circuler au moment voulu (date du point cible).

La capacité de résistance diélectrique de l'interrupteur (RDDS) diminuant avec la distance entre ses contacts, le courant peut commencer à circuler légèrement avant que les contacts ne se touchent mécaniquement (le circuit électrique est fermé par un « pré-arc »).

Ce phénomène doit être pris en compte lors de l'excitation d'un circuit, et plus particulièrement si le point cible se trouve sur le passage par zéro de la tension qui passe dans l'interrupteur (comme sur les charges capacitives), comme illustré sur la Figure 5 ci-dessous :

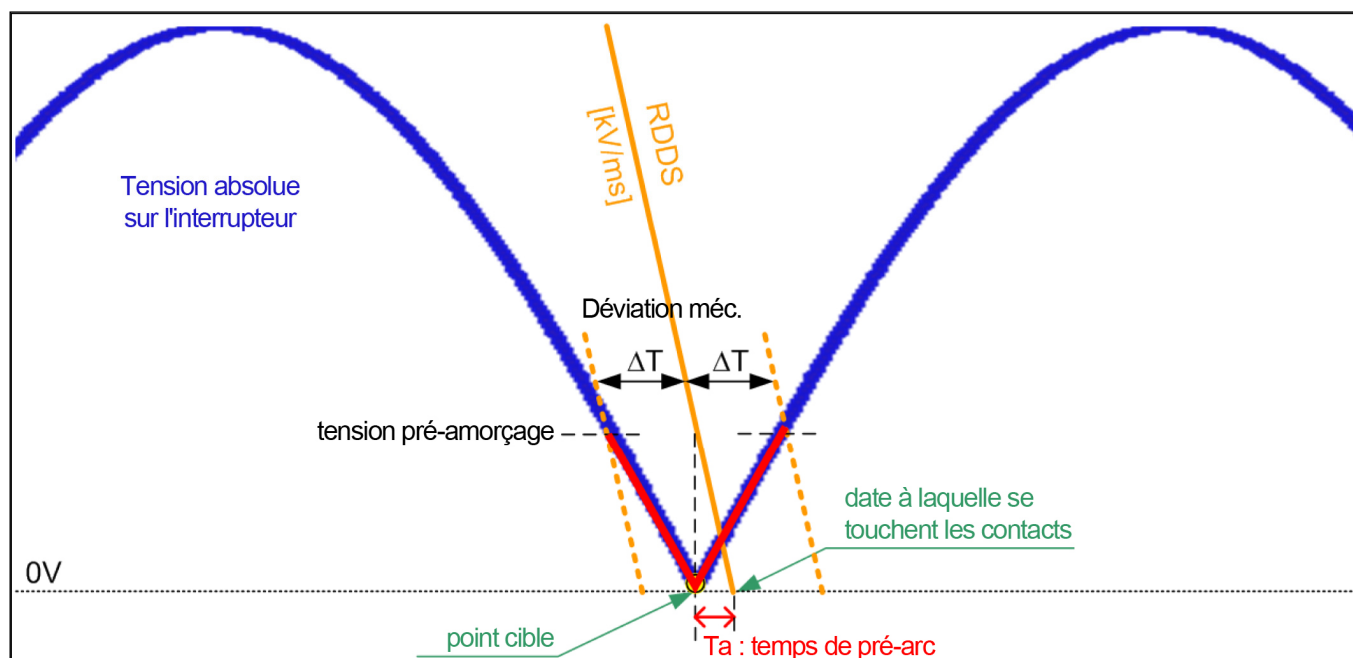


Figure 5 : Fermeture du disjoncteur à la tension zéro : temps de pré-arc en fonction du RDDS et de la déviation mécanique de l'interrupteur du DJ

Comme le montre la Figure 5 ci-dessus, les pentes de tension des deux côtés du point cible sont les plus élevées, par opposition à lorsqu'il est proche d'un pic de tension (ex. pour les transformateurs ou les réactances à noyau commun).

En raison du RDDS non-idéal des interrupteurs du DJ et de l'écart de leurs performances dynamiques mécaniques d'une manœuvre de fermeture à une autre (tolérance inévitable sur la durée de fermeture), il est important d'équilibrer le risque de transitoires des deux côtés du point cible pour que la tension de pré-amorçage  $U_p = \hat{U} \cdot \sin(\omega \cdot \Delta T)$  soit identique des deux côtés de ce point cible.

Le contrôleur PoW gère cette situation en appliquant un temps de pré-arc de  $T_a = \frac{\hat{U} \cdot \sin(\omega \cdot \Delta T)}{RDDS}$

**REMARQUE :** l'amplitude de la tension sur les bornes de l'interrupteur peut varier avec le mode neutre (à la terre ou isolé) et la séquence de fermeture entre les pôles (comme sur les batteries de condensateurs).

Comme illustré sur la Figure 6 ci-dessous, la précision de la définition du temps de pré-arc est moins sensible avec une excitation proche d'un pic de tension : l'initiation du courant 1 ms avant ou après le pic réel entraîne le démarrage du pré-arc sous 95 % de la tension de crête (81 % à 2 ms) : les surtensions associées ne sont pas significativement énergétiques.

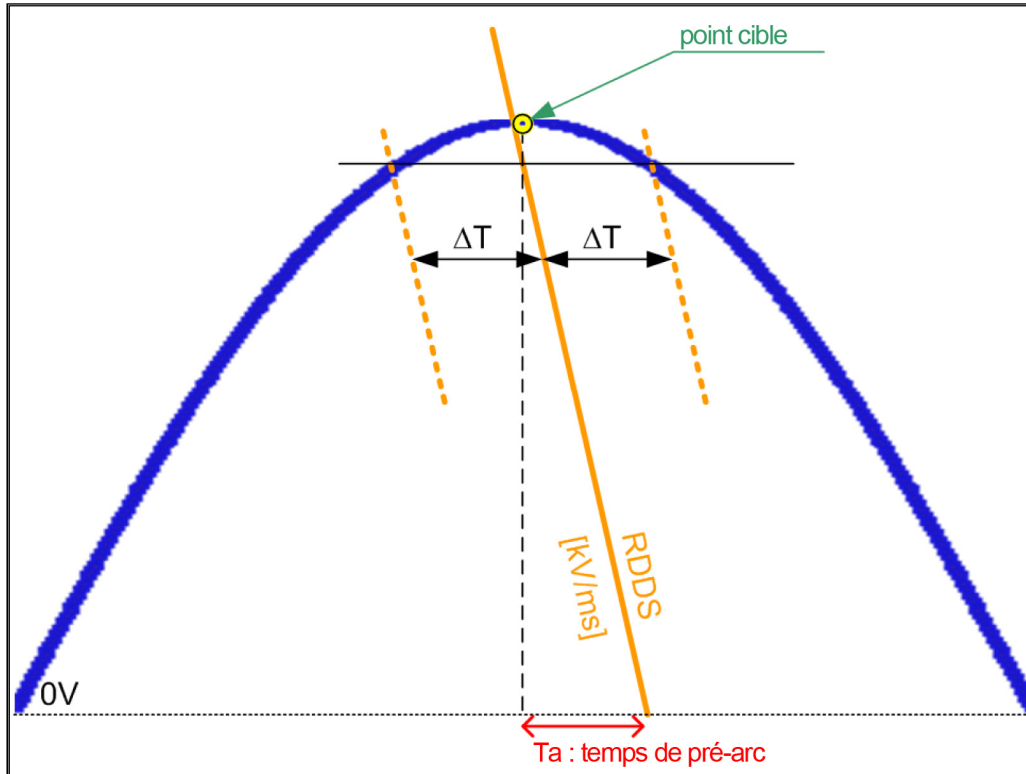


Figure 6 : Fermeture du disjoncteur sur un pic de tension : temps de pré-arc en fonction du RDDS et de la déviation mécanique de l'interrupteur du DJ

Le temps de pré-arc appliqué par le contrôleur PoW doit être  $T_a = \frac{\hat{U} \cdot \cos(\omega \cdot \Delta T)}{RDDS}$

## 2-3 Manœuvres d'ouverture synchrones

Le choix du point cible pour une manœuvre d'ouverture synchrone sur l'onde de tension de chaque phase ne dépend que du type de charge et du mode neutre des éléments du circuit à exciter.

Le point cible optimal sur l'onde de tension pour la coupure du courant est défini par une date de séparation des contacts située suffisamment avant le passage par zéro de l'onde de courant HT, de sorte que l'espace entre les contacts à la fin de l'arc soit suffisant pour résister à la tension de rétablissement et éviter ainsi un ré-amorçage. La date cible ne doit pas être choisie trop tôt pour éviter le hachage du courant (effort important pour le soufflage d'arc, tension d'arc élevée →  $di/dt$  élevés → surtensions).

**Exemple** : le point cible le mieux adapté pour la désexcitation d'une réactance shunt est le moment où la tension de phase atteint son pic sinusoïdal (positif ou négatif), ce qui correspond à un courant nul (déphasage  $90^\circ$  él.).

Dans tous les cas, les conditions de tension doivent être prises en compte séparément sur chaque phase, en supposant qu'elles présentent un déphasage de 120 degrés électriques.

La Figure 7 ci-dessous fournit une illustration détaillée des temporisations impliquées sur 1 pôle du disjoncteur pendant une manœuvre d'ouverture synchrone (exemple d'excitation d'une réactance shunt) :

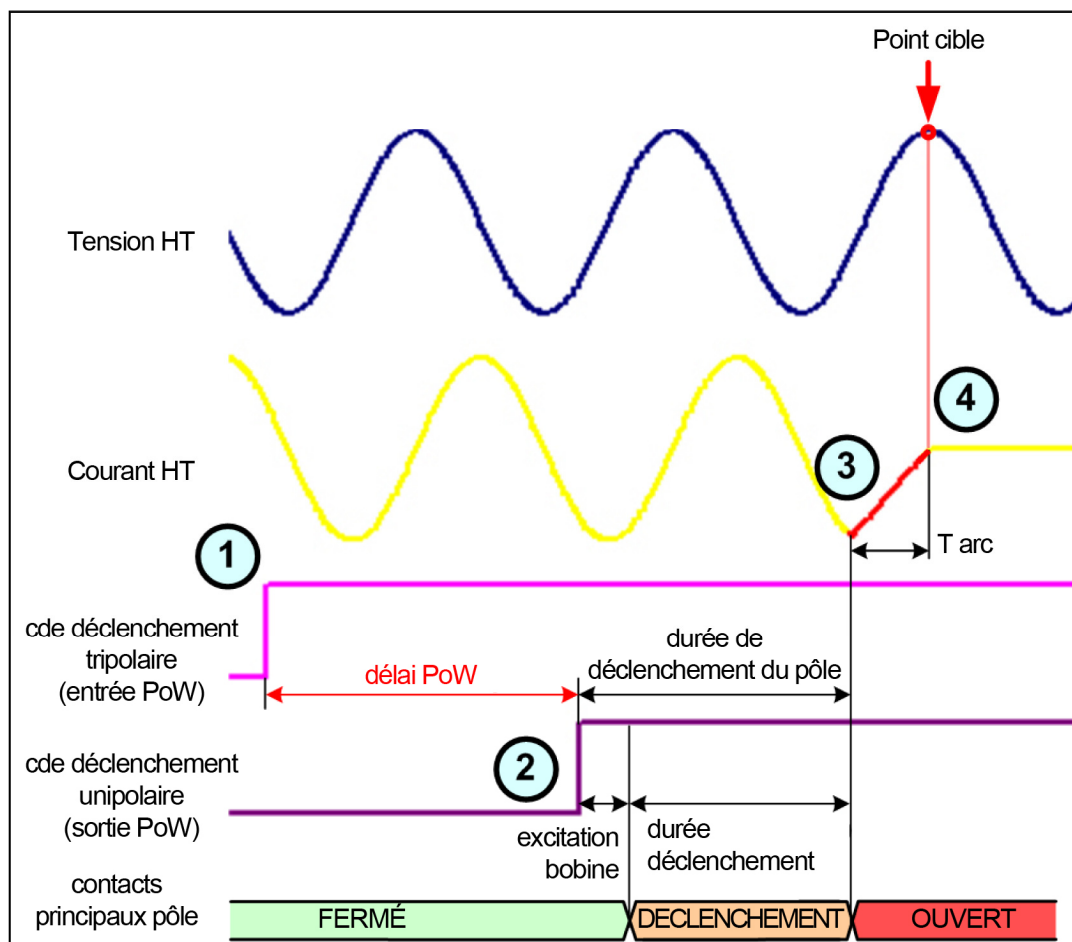


Figure 7 : Interruption synchrone du courant d'une réactance shunt (temporisations sur 1 pôle)

Lorsqu'il a reçu une impulsion valide sur son entrée de commande d'ouverture (1), le contrôleur PoW est capable de sélectionner lui-même le point cible optimal sur l'onde de tension de phase pour l'interruption du courant (4), en connaissant le type de charge pilotée (et le mode neutre associé) ainsi que le temps d'ouverture du pôle.

Il calcule ensuite le délai approprié à introduire entre l'impulsion d'entrée (commande tripolaire) et le début de l'excitation de la bobine (2), en tenant compte des autres facteurs d'influence (temps d'inactivité du disjoncteur ou niveau réel de la tension d'alimentation de la bobine, ...), de sorte que le courant s'arrête réellement de circuler au moment voulu (date du point cible).



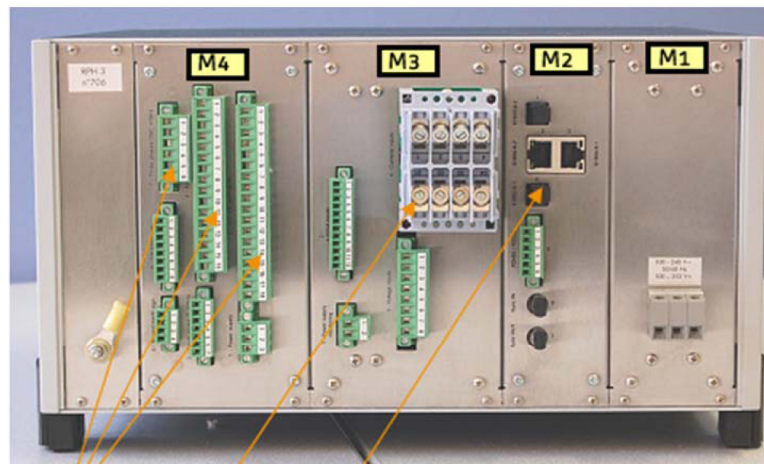
# 3 LA SOLUTION DE COMMUTATION PoW D'ALSTOM : TCR RPH3

## 3-1 Introduction

Le RPH3 est un contrôleur PoW autonome implémenté comme un équipement autonome composé de 5 modules électroniques assemblés dans un boîtier métallique comme illustré sur la Figure 8 et la Figure 9 ci-dessous:



Figure 8 : RPH3 3/4 & vues de face



raccordements  
interfaces  
raccordement TC

ports de communication

Figure 9 : Vue arrière du RPH3

**Remarque :** le module M5 se trouve derrière la façade du RPH3 ; il inclut les 4 DEL de façade et le connecteur COM1.



### 3-3 Schéma fonctionnel et répartition de l'architecture

La figure 11 montre un schéma fonctionnel simplifié du contrôleur RPH3 dans son environnement :

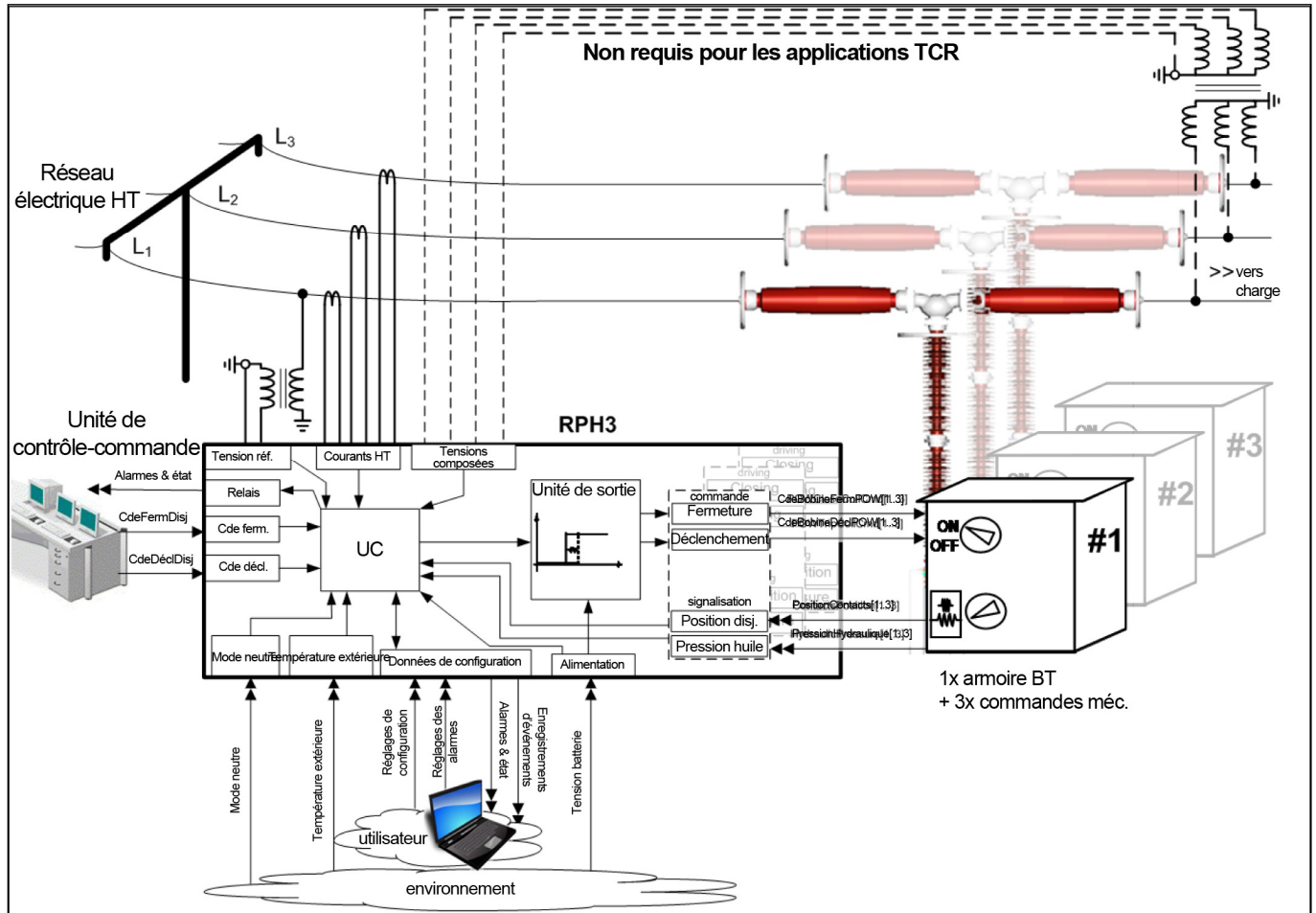


Figure 11 : Schéma fonctionnel du contrôleur RPH3 (simplifié)

Le RPH3 est composé d'un ensemble de 5 modules électroniques autonomes assemblés dans un boîtier dédié :

- Module M1 : unité d'alimentation chargée d'alimenter chaque module RPH3 avec l'énergie appropriée.
- Module M2 : unité centrale de traitement, de communication et de synchronisation : héberge l'UC principale (DSP) et le système d'exploitation intégré (Linux BSP), fournit un accès aux ressources internes du RPH3 (2xEthernet, 2xOptiques, 1x RS232/485) et aux liaisons optiques pour la synchronisation.
- Module M3 : unité d'acquisition des entrées analogiques chargée de la surveillance de la température interne du RPH3 et de l'échantillonnage des signaux d'entrée ci-dessous :
  - o Alimentation CC des bobines du disjoncteur (pour la surveillance)
  - o Entrées 4-20 mA (température extérieure, pressions hydrauliques)
  - o Tension de référence HT
  - o Tensions et courants HT
- Module M4 : unité de signalisation et de commande des bobines chargée de :

- l'échantillonnage des signaux suivants :
  - commande d'entrée pour la manœuvre de fermeture du DJ
  - commande d'entrée pour la manœuvre d'ouverture du DJ
  - configuration du mode neutre de la charge du DJ (à la terre, isolé ou inconnu)
  - état des contacts auxiliaires de l'appareillage (contacts de type a des pôles A, B et C)
- l'émission des signaux de sortie suivants :
  - 3 commandes de sortie différentielles pour les bobines de fermeture du DJ (pôles A, B et C)
  - 3 commandes de sortie différentielles pour les bobines d'ouverture du DJ (pôles A, B et C)
  - 5 contacts de signalisation d'alarme (1 relais monostable + 4 relais bistables)
  - +48 V tension de polarisation pour l'acquisition des contacts auxiliaires du DJ
- Module M5 : unité de gestion en façade chargée des DEL en façade et de la liaison de communication RS232/485 entre le connecteur frontal « Com1 » et le module interne M2 (câble plat HE10 20 fils).

Comme représenté sur la figure 12 ci-dessous, le RPH3 est doté d'une « douille de sécurité », connectée en externe à son module M3 (entrées d'échantillonnage des courants HT). Cette douille permet d'éviter le risque de choc électrique en cas de déconnexion imprévue de l'interface du RPH3 avec les transformateurs de courant.



**Figure 12 : Douille de sécurité sur le module M3**

Le RPH3 intègre une IHM dédiée sur un serveur web sécurisé. Elle permet à l'utilisateur d'accéder à des données internes importantes grâce à un navigateur web standard<sup>4</sup> (réglages de configuration, fichiers d'enregistrement d'événements, données et alarmes en temps réel, résultat des dernières manœuvres de commutation, etc.).

Le RPH3 peut être connecté à un réseau IP grâce à son interface Ethernet dédiée M2.J3 (câble non fourni). L'IHM est accessible de cette manière, à condition que l'adresse IP du RPH3<sup>5</sup> soit connue par l'utilisateur, ainsi que le nom d'utilisateur et le mot de passe correspondant (pour plus de détails sur les niveaux d'accès au logiciel, consulter le document [1]).

Par ailleurs, le RPH3 est livré avec un logiciel PC exécuté sous Microsoft Windows<sup>®</sup> <sup>6</sup> : « RPH manager ». Ce logiciel offre des fonctions de téléchargement, de lecture et de représentation graphique des 1 000 derniers enregistrements d'événements des unités RPH3 auxquels il est connecté (via le réseau IP).

<sup>4</sup> Une liste des navigateurs web gérés est fournie dans le document [1].

<sup>5</sup> Le RPH3 ne gère pas le protocole DNS ; son adresse IP est fondamentalement statique. Il est livré avec une adresse IP par défaut qui peut être modifiée via l'IHM. Pour plus de détails, se reporter au document [1].

<sup>6</sup> Les versions de Microsoft Windows<sup>®</sup> gérées sont identifiées dans le document [2].

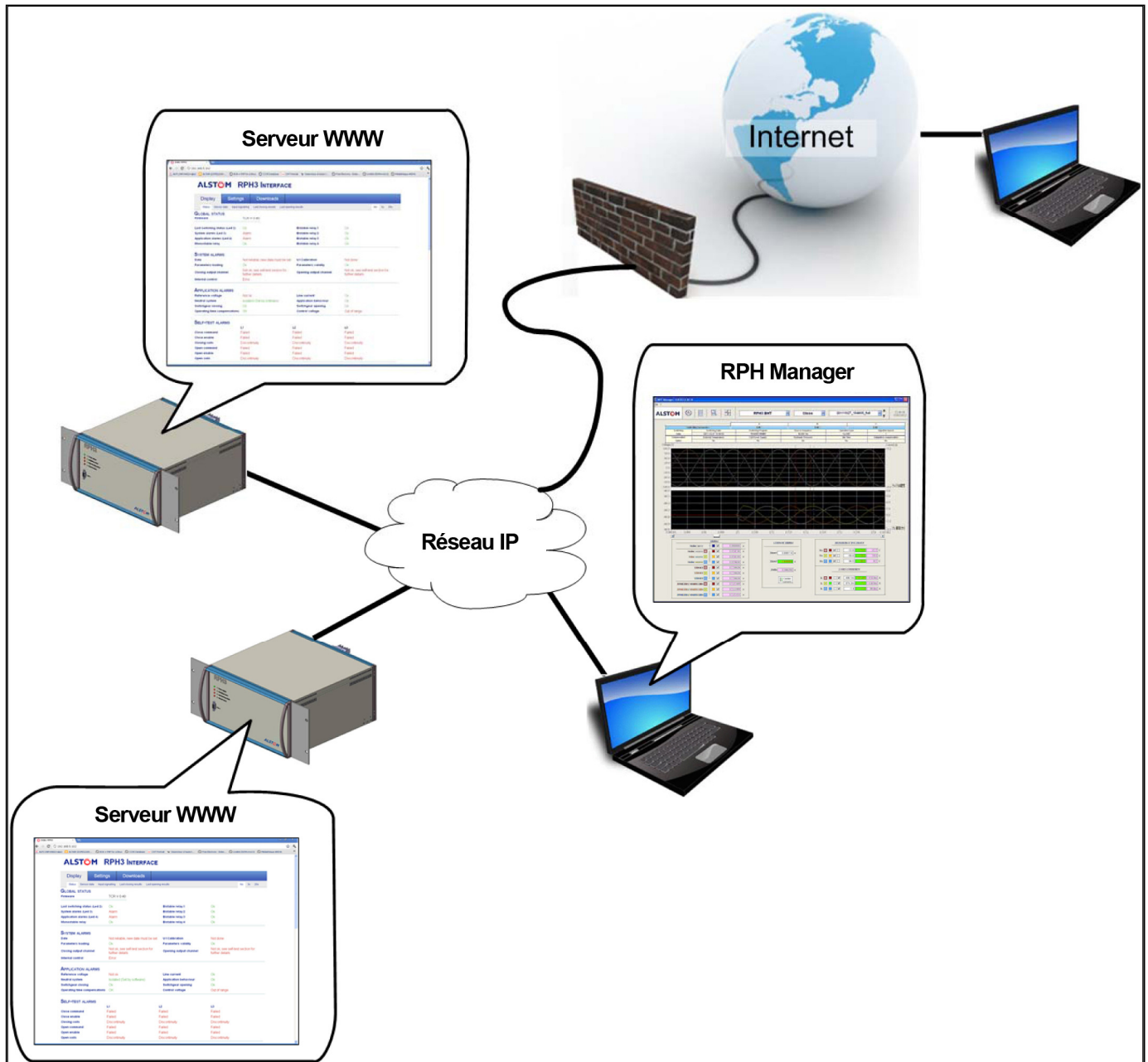


Figure 13 : Répartition de l'IHM du RPH3



Figure 14 : Prise de connexion Ethernet (M2-J3)

### 3-4 Manœuvre de l'appareillage – fonctionnalités de base pour les applications TCR

En tant que contrôleur PoW, le RPH3 met en œuvre les fonctionnalités décrites dans la section 2, page 16. Ce manuel fournit également des notes d'application dans la section 4, page 109.

La commutation PoW assurée par le contrôleur RPH3 dans l'application TCR peut être décrite par la machine à états finis simplifiée ci-dessous (Figure 15) :

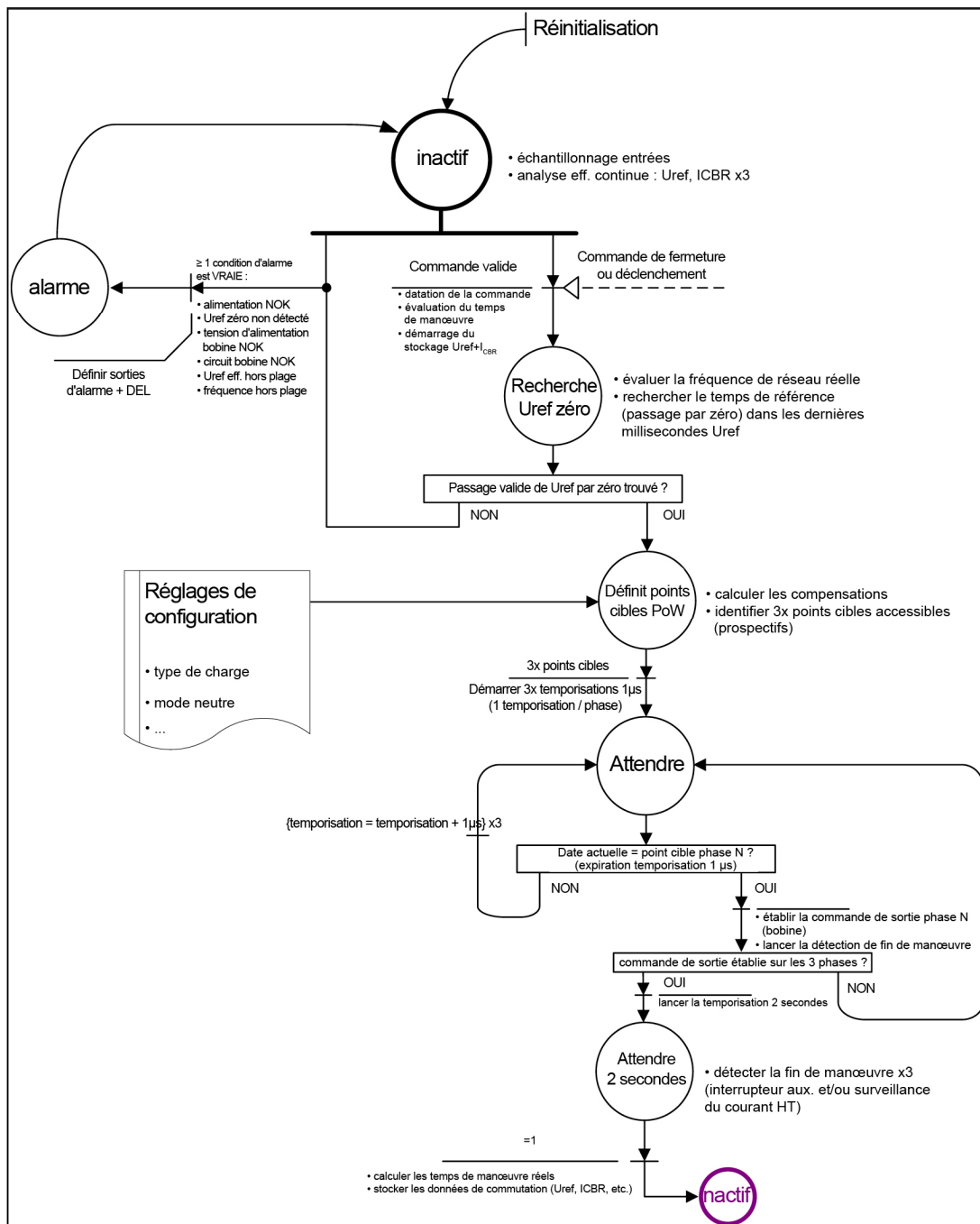


Figure 15 : Modèle de machine à états du RPH3 pour les applications TCR

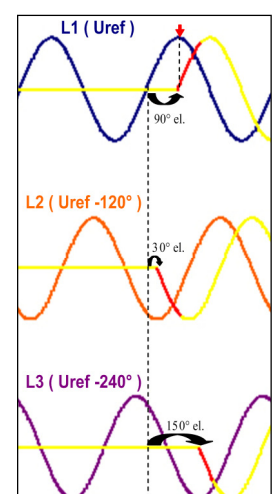
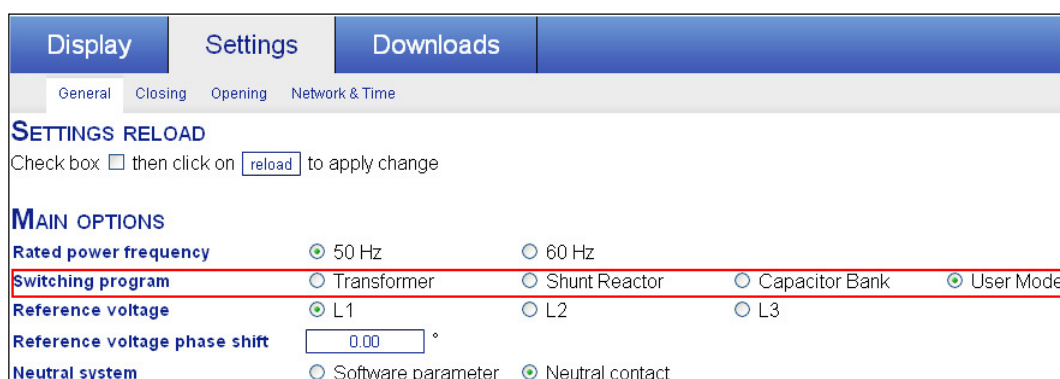
Si le RPH3 reçoit une commande valide et si aucune condition d'alarme n'est remplie, il sélectionne un temps de référence sur la tension de référence « Uref » (passage par zéro de l'onde sinusoïdale) et identifie les points cibles les mieux adaptés pour la manœuvre de commutation à exécuter (1 point cible par phase, en supposant que les tensions sont décalées de 120° él. et que chaque courant est décalé de 90° él. par rapport à la tension associée).

Certaines conditions d'alarme sont testées au début de la machine d'état. Dès que  $\geq 1$  de ces conditions est remplie, la manœuvre est annulée, l'alarme associée est déclenchée et la machine d'état revient dans son état inactif.

Le RPH3 est capable de gérer de nombreuses alarmes (consulter la section 3-7, page 72), mais l'algorithme principal peut être annulé par les alarmes les plus critiques :

- **Alimentation NOK :** l'alimentation du RPH3 est surveillée en continu sur les polarités internes à utiliser pour les conversions analogiques-numériques (0V/+15V/-15V). Cette alarme est déclenchée si  $\geq 1$  de ces tensions est mesurée en dehors de la plage autorisée (cette plage peut être ajustée par un réglage logiciel).
- **Aucun Uref zéro trouvé :** la tension de référence n'est pas passé par 0V dans les 200 dernières millisecondes (analyse du bloc de temps).
- **Uref eff. hors-plage :** la valeur efficace de la tension de référence est mesurée en continu par la machine d'état à l'état inactif. Cette alarme est déclenchée en cas de mesure inférieure à la valeur seuil (ajusté par un réglage logiciel).
- **Tension d'alimentation des bobines NOK :** la tension d'alimentation des bobines a été mesurée en-dehors de la plage autorisée (cette plage peut être ajustée par un réglage logiciel).
- **Circuit de bobine NOK :** cette alarme est déclenchée si  $\geq 1$  des 3 circuits de bobine de sortie a été détecté comme discontinu. Les circuits de fermeture et d'ouverture sont surveillés en continu par le RPH3, et la capacité des transistors MOFSET de sortie du RPH3 à commuter ON/OFF est testée périodiquement (toutes les 3 secondes).
- **Fréquence hors plage:** la fréquence réelle du système est surveillée en continu par la machine d'état à l'état inactif. Cette alarme est déclenchée dès que cette fréquence est mesurée en-dehors de la plage autorisée (50 Hz  $\pm 5\%$  ou 60 Hz  $\pm 5\%$ ). La fréquence nominale (50 Hz ou 60 Hz) doit être choisie par un réglage logiciel.

Selon ses réglages de configuration, le RPH3 applique une stratégie de commutation (ou « programme de commutation ») pour sélectionner les points cibles PoW les mieux adaptés pour la manœuvre de commutation.



Chacun de ces programmes de commutation est décrit par un ensemble de décalages angulaires, identifiant les points cibles PoW par rapport à la date la plus proche du passage par zéro de la tension de référence Uref.

Le Tableau 1 ci-dessous fournit des détails sur les décalages angulaires appliqués par les programmes de commutation prédéfinis :

Stratégie	Mode neutre	Manœuvre	Uref			Uref + 120°			Uref + 240°		
			décalage angulaire	décalage temporel (ms)		décalage angulaire	décalage temporel (ms)		décalage angulaire	décalage temporel (ms)	
				à 50 Hz	à 60 Hz		à 50 Hz	à 60 Hz		à 50 Hz	à 60 Hz
Transformateur	à la terre	fermeture	90°	5	4.2	180°	10	8.3	180°	10	8.3
		ouverture	90°	5	4.2	30°	1.7	1.4	150°	8.3	6.9
	isolé	fermeture	90°	5	4.2	0°	0	0	0°	0	0
		ouverture	90°	5	4.2	180°	10	8.3	180°	10	8.3
Réactance	à la terre	fermeture	90°	5	4.2	30°	1.7	1.4	150°	8.3	6.9
		ouverture	90°	5	4.2	30°	1.7	1.4	150°	8.3	6.9
	isolé	fermeture	90°	5	4.2	0°	0	0	0°	0	0
		ouverture	90°	5	4.2	180°	10	8.3	180°	10	8.3
Condensateur	à la terre	fermeture	0°	0	0	120°	6.7	5.6	60°	3.3	2.8
		ouverture	90°	5	4.2	30°	1.7	1.4	150°	8.3	6.9
	isolé	fermeture	180°	10	8.3	90°	5	4.2	90°	5	4.2
		ouverture	90°	5	4.2	180°	10	8.3	180°	10	8.3

Tableau 1 : Programmes de commutation prédéfinis du RPH3

**REMARQUE 1 :** ces décalages sont indiqués pour les fréquences nominales uniquement. Les décalages temporels réels sont calculés selon la fréquence réelle du système mesurée par le RPH3 lui-même. Ainsi, tous les glissements de fréquence sont exécutés.

**REMARQUE 2 :** le programme de commutation complémentaire « Utilisateur » peut être sélectionné à la place des programmes prédéfinis. Il permet d'ajuster chaque décalage angulaire via l'IHM web afin de couvrir des besoins spécifiques (charges avec une énergie piégée à l'origine, ...). Toutefois, il est fortement recommandé d'utiliser une stratégie prédéfinie lorsque cela est possible.

**REMARQUE 3 :** les décalages angulaires sont indépendants des temps de (pré-)arc ; ils situent les **points cibles** de manœuvre (dates **d'établissement** / **de coupure** du courant, i.e. moments de **démarrage** d'arc) mais pas la date de séparation / contact mécanique des contacts.



Le programme de commutation doit être sélectionné via l'IHM web conformément au processus ci-dessous (Figure 16) :

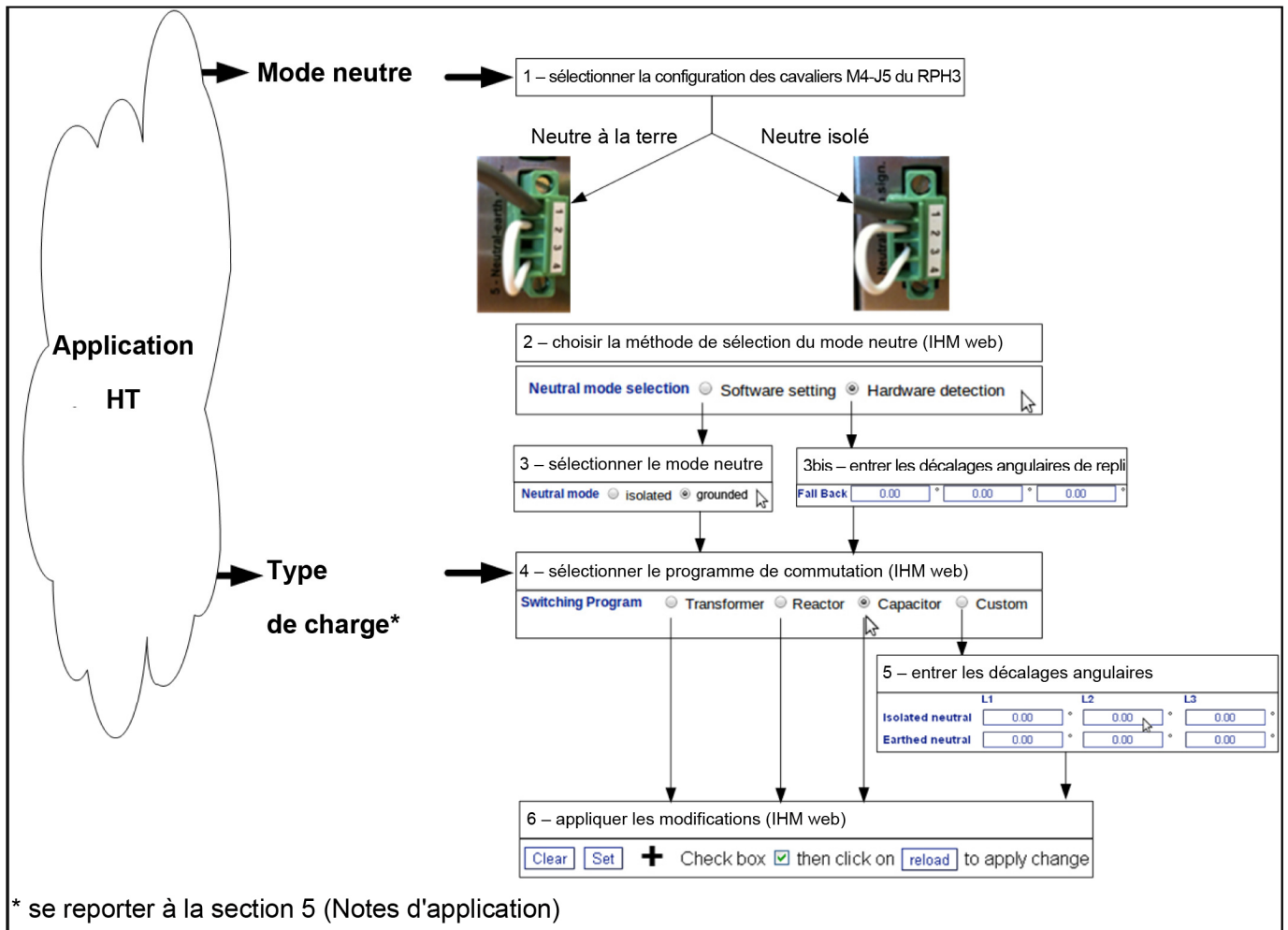


Figure 16 : Processus de sélection du programme de commutation

Une stratégie prédéfinie de « repli » (sauvegarde) est disponible pour un ajustement via l'IHM web. Elle doit être appliquée par le contrôleur RPH3 pour la commutation du disjoncteur s'il ne peut pas identifier le mode neutre du système (s'il doit être détecté par le matériel).

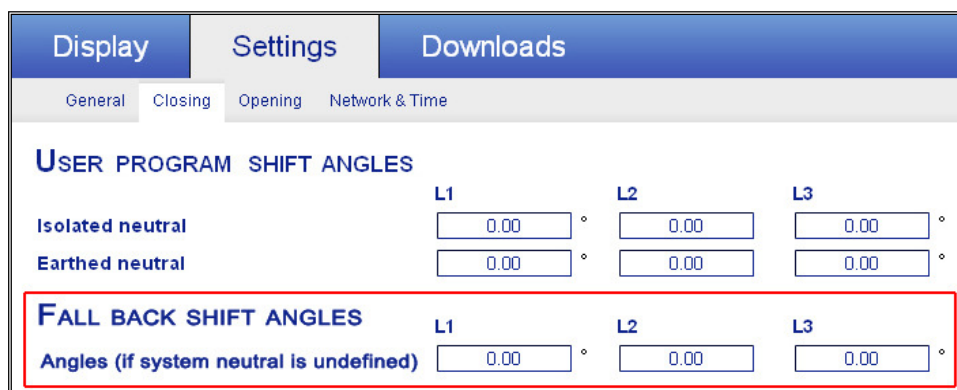


Figure 17: Réglages de la stratégie de repli (IHM web)

Les sections suivantes introduisent les interfaces RPH3 avec les principaux signaux requis pour obtenir les fonctionnalités de base de la commutation PoW.

### 3-4.1 Alimentation

Le contrôleur RPH3 surveille en continu la tension qu'il reçoit, à partir de laquelle il génère les tensions CC internes pour le fonctionnement.

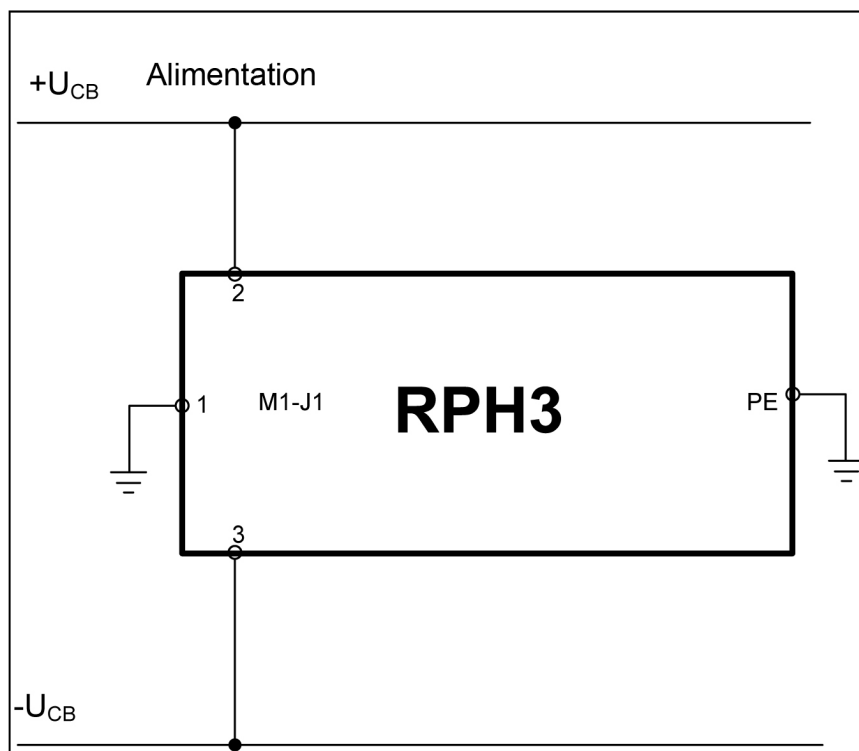


Figure 18 : Alimentation du RPH3

Caractéristiques du RPH3 sur cette interface :

Caractéristiques nominales	Mini	Type	Maxi	Unité
<b>Connecteur M1-J1</b>		<i>Bornes à vis – AWG22-10</i>		
impédance d'entrée	900	-	1200	kΩ
fréquence	45	50/60	66	Hz
amplitude (CA)	100	-	240	Veff
amplitude (CC)	48	-	353	V
puissance consommée	-	-	20	W
niveau d'isolement	2000	-	-	Veff

Si la tension d'alimentation est détectée hors plage (réglable via les réglages logiciels de l'IHM web), le RPH3 déclenche une alarme, éteint la DEL correspondante sur la façade et ouvre son contact de sortie monostable NF (broches M4-J4:2 et M4-J4:3).

**REMARQUE :** pour des raisons de sécurité et de fiabilité, le boîtier du contrôleur RPH3 doit être relié à la terre via la vis de mise à la terre dédiée « PE ».

### 3-4.2 Echantillonnage de la tension de référence

La « tension de référence » est une tension CA fournie par un transformateur de potentiel. Il s'agit d'une image en temps réel de la haute tension présente sur la phase de référence du système triphasé.

Cette tension doit être utilisée comme référence temporelle par le RPH3, qui doit introduire le délai PoW approprié sur chaque commande de pôle (comme décrit dans la section 2) à la date à laquelle cette tension de référence passe par 0 V lors que la commande d'entrée a été reçue.

**REMARQUE 1 :** le RPH3 suppose qu'il existe en continu un déphasage de 120° él. entre les 3 phases du système et que chaque courant de phase est décalé de 90° él. avec la tension associée :

$$\begin{cases} L1 = \text{tension de référence} \\ L2 = L1 + 120^\circ \text{ él.} \\ L3 = L1 + 240^\circ \text{ él.} \end{cases}$$

**REMARQUE 2 :** la désignation de la phase HT (L1, L2 ou L3), dont la tension de référence est une image, peut être sélectionnée par un réglage de configuration dans l'IHM web. Se reporter au document [1] pour de plus amples détails.

**REMARQUE 3 :** un réglage logiciel peut être ajusté pendant la mise en service du RPH3 afin de compenser les déphasages imprévus introduits par des dispositions complexes de cellules entre la tension HT et les bornes d'entrée du RPH3 (M3-J3:7 et M3-J3:8). Cela peut être le cas, par exemple, si la tension de référence est fournie par l'enroulement secondaire BT d'un transformateur de puissance de générateur.

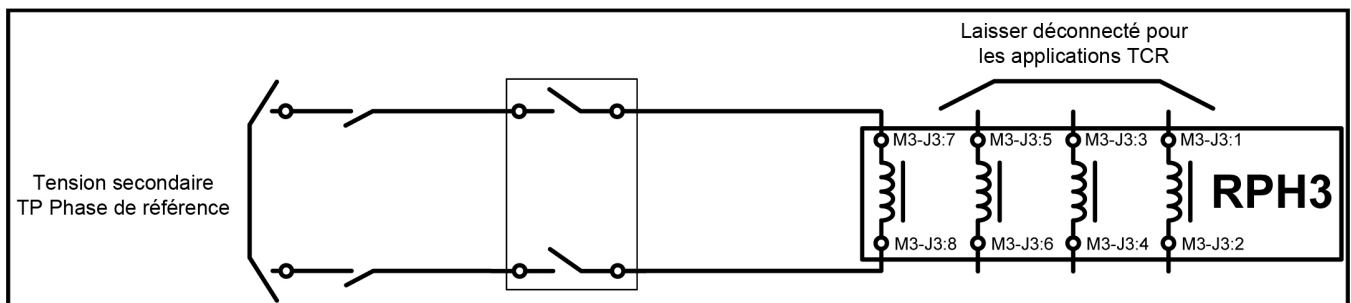


Figure 19 : Raccordement de la tension de référence

**REMARQUE 4 :** caractéristiques du RPH3 sur cette interface :

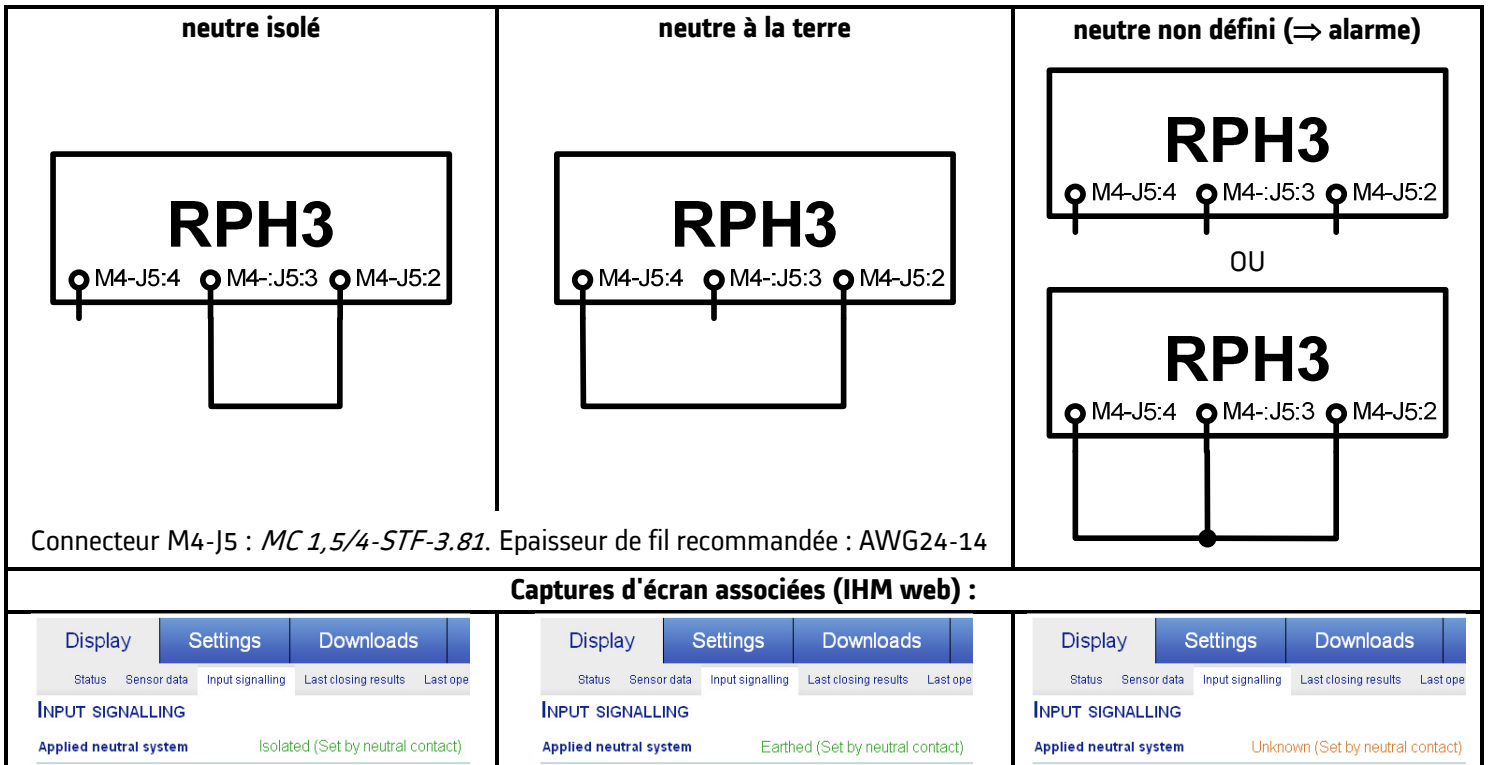
Caractéristiques nominales	Mini	Type	Maxi	Unité
<b>Connecteur M3-J3</b>		<i>MSTB 2.5/8-STF-5.08</i>		
impédance d'entrée	-	8	-	kΩ
fréquence	45	50/60	66	Hz
amplitude (option 1)	15	100/√3	150	Veff
amplitude (option 2)	30	220/√3	250	Veff
consommation de puissance du RPH3 sur cette entrée	-	-	2	VA
niveau d'isolement (mesuré entre les enroulements d'entrée et de sortie)	2000	-	-	V
erreur de mesure	-	-	1	%

### 3-4.3 Détection du mode neutre du réseau

Comme décrit sur la Figure 16 (page 33), un réglage logiciel doit être défini via l'IHM web pour permettre au contrôleur RPH3 d'identifier le mode neutre de l'application (à la terre ou isolé) qui a un impact direct sur la définition des points cibles PoW.

Ce mode neutre peut être détecté par l'une des 2 méthodes suivantes :

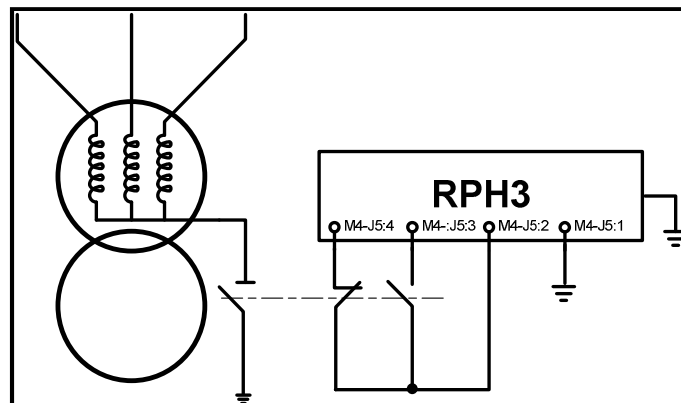
- **SOIT** par un réglage logiciel (IHM web) : l'utilisateur choisit si le neutre du réseau est à la terre ou isolé.
- **SOIT** par une configuration matérielle de cavalier externe sur le connecteur arrière M4-J5 :



**Tableau 2 : Détection du mode neutre du matériel**

Si le mode neutre n'est pas défini, le RPH3 ne peut pas fonctionner avec ses valeurs nominales. S'il reçoit une commande de manœuvre alors que l'alarme associée est active, il applique une stratégie de commutation de sauvegarde prédéfinie, pour laquelle les points cibles PoW doivent être définis par des réglages logiciels via l'IHM web : se reporter à la Figure 17, page 33.

La détection matérielle du mode neutre est utile si le neutre du réseau peut être modifié « dynamiquement » via un sectionneur :



**Figure 20 : Exemple d'utilisation d'un sectionneur de neutre**

### 3-4.4 Capture des commandes de manœuvre tripolaires de l'appareillage

Le contrôleur RPH3 doit recevoir des commandes d'appareillage tripolaire sous forme d'impulsions de tension logique provenant d'un dispositif de commande :

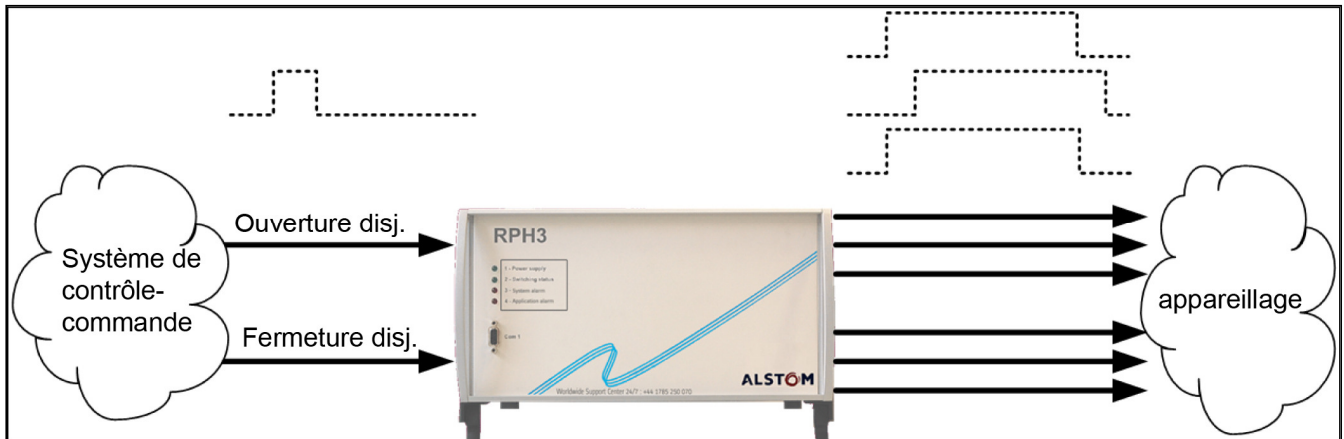


Figure 21 : Echantillonnage des commandes de manœuvre du DJ avant le pilotage des bobines du DJ

Les entrées associées sont opto-isolées et protégées contre une inversion de polarité.

Une impulsion de tension sur ces entrées est considérée comme valide par le contrôleur RPH3 à condition que le niveau CC soit maintenu  $\geq U_{th}$  pour une durée  $\geq t_{maintien}$  après son front montant positif :

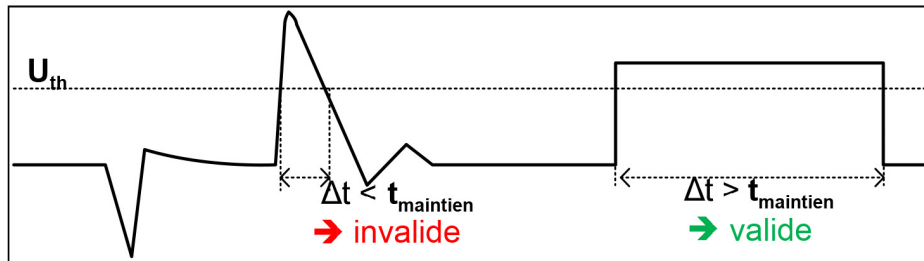


Figure 22 : Filtrage des entrées de commande tripolaire par le contrôleur RPH3

**REMARQUE 1 :**  $t_{maintien}$  est réglable via l'IHM web (niveau d'accès > Utilisateur). Sa valeur par défaut est 80 ms.

**REMARQUE 2 :**  $U_{th}$  n'est pas réglable ; son niveau dépend de la variante RPH3 considérée (se reporter à la section 3-10 page 91) :

Variante RPH3	RPH3 variant	RPH3-PS48-CTy	RPH3-PS125-CTy	R
valeur de $U_{th}$	value of $U_{th}$	17 V	43 V	

Figure 23 : Seuils de tension pour le filtrage des entrées logiques

**REMARQUE 3 :** le même filtre est automatiquement appliqué par le contrôleur RPH3 sur toutes ses entrées logiques (valeur unique de  $t_{maintien}$  pour toutes les entrées).

**REMARQUE 4 :** en cas de rebonds sur ces entrées, le dernier front montant est pris en compte par le contrôleur RPH3 pour l'instant de démarrage de l'impulsion.

**REMARQUE 5 :** la durée des impulsions de commande des bobines du disjoncteur (provenant du RPH3) est indépendante de la durée des commandes d'entrée. Elle peut être ajustée via l'IHM web comme décrit dans la section 0, page 39.

**REMARQUE 6 :** si une commande d'entrée est maintenue  $\geq U_{th}$  sur une longue durée (par ex. plusieurs secondes), le contrôleur RPH3 procède avec une seule manœuvre du disjoncteur uniquement. Un front montant est requis sur une entrée de commande pour la manœuvre à traiter.

**REMARQUE 7 :** si une impulsion de commande valide a été détectée par le RPH3, la durée de traitement associée est de 4 secondes environ (enregistrement des signaux). Une autre impulsion valide pouvant être détectée alors qu'une impulsion précédente est en cours de traitement sera rejetée par le contrôleur RPH3.

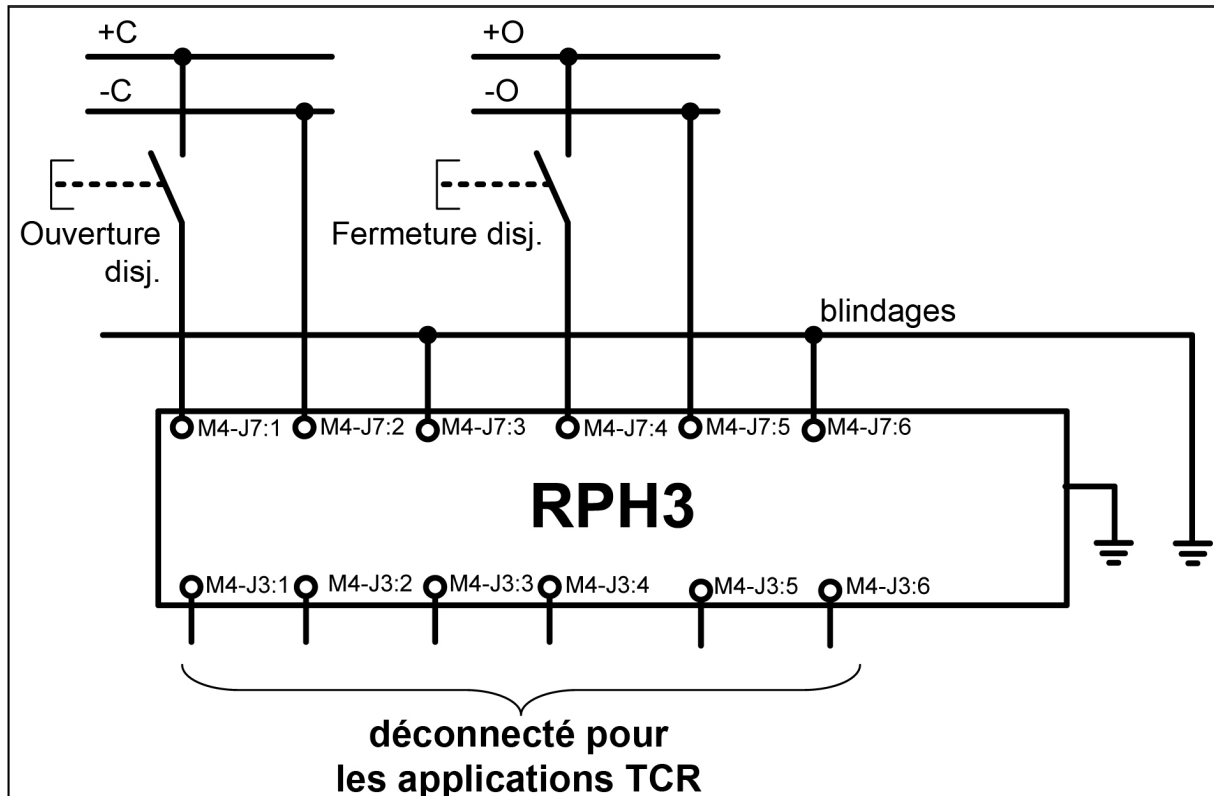


Figure 24 : Câblage des entrées de commande de fermeture et d'ouverture

**AVERTISSEMENT :** les 7 broches du connecteur d'entrée M4-J3 doivent rester déconnectées pour les applications TCR. Elles doivent être utilisées pour les applications « lignes » uniquement. **NE JAMAIS connecter des impulsions de commande tripolaire à ces broches, car elles endommageraient le contrôleur RPH3.**

Caractéristiques du RPH3 sur cette interface :

Caractéristiques nominales	Mini	Type	Maxi	Unité
<b>Connecteur M4-J7 (commandes de fermeture et d'ouverture tripolaires du disjoncteur)</b>	<i>MSTB 2.5/6-STF-5.08</i>			
impédance d'entrée	10	-	-	MΩ
seuil de détection d'amplitude ( $U_{th}$ )	17	-	87	V <sub>CC</sub>
durée d'impulsion valide ( $t_{maintien}$ )	1	80	-	ms
consommation de puissance du RPH3 sur cette entrée	2	-	-	VA

### 3-4.5 Pilotage des bobines de l'appareillage

Pour le pilotage des bobines du disjoncteur, l'énergie n'est jamais tirée par le contrôleur RPH3 :

- ni par l'entrée de surveillance de la tension d'alimentation des bobines (connecteur M3-J1)
- ni par les commandes tripolaires d'entrée (connecteur M4-J7)
- ni par l'alimentation du RPH3 (connecteur M1-J1)

Le contrôleur RPH3 tire 100 % de l'énergie requise du connecteur d'entrée dédié (M4-J1) pour le pilotage des bobines du disjoncteur via son connecteur M4-J2.

Cela n'affecte pas la conformité du RPH3 avec l'appareillage : cette stratégie de gestion de l'énergie garantit la capacité de RPH3 à piloter un disjoncteur quel que soit le fabricant.

Chaque bobine du disjoncteur est pilotée par un module de sortie dédié robuste basé sur des transistors MOSFET, dont les performances de commutation sont étalonnées en usine.

Un module de commande est fourni par la bobine du disjoncteur à piloter: chaque module est indépendant des autres modules.

Pour une plus grande flexibilité d'intégration, le contrôleur RPH3 propose 2 schémas de raccordement différents aux bobines de l'appareillage : **mode commun** et **mode différentiel**.

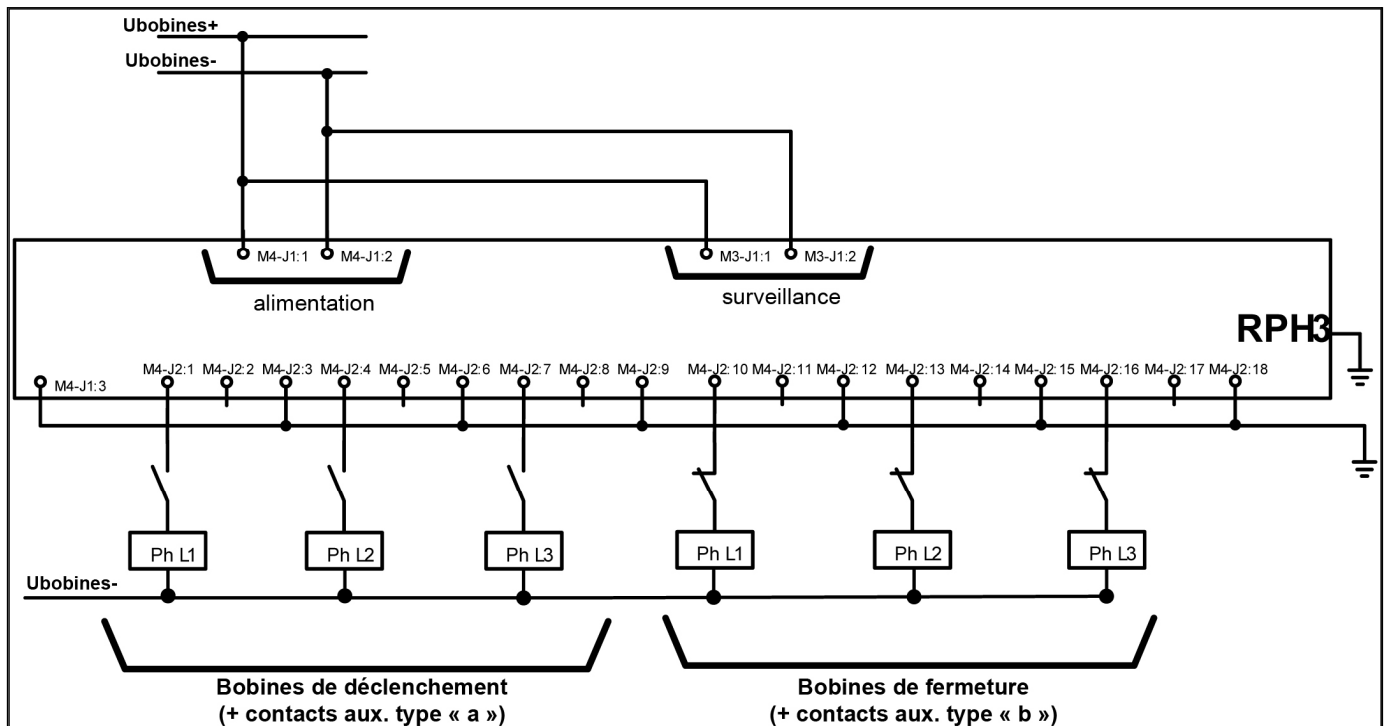


Figure 25 : Câblage des sorties de commande des bobines du disjoncteur : schéma du MODE COMMUN (appareillage en position ouverte)

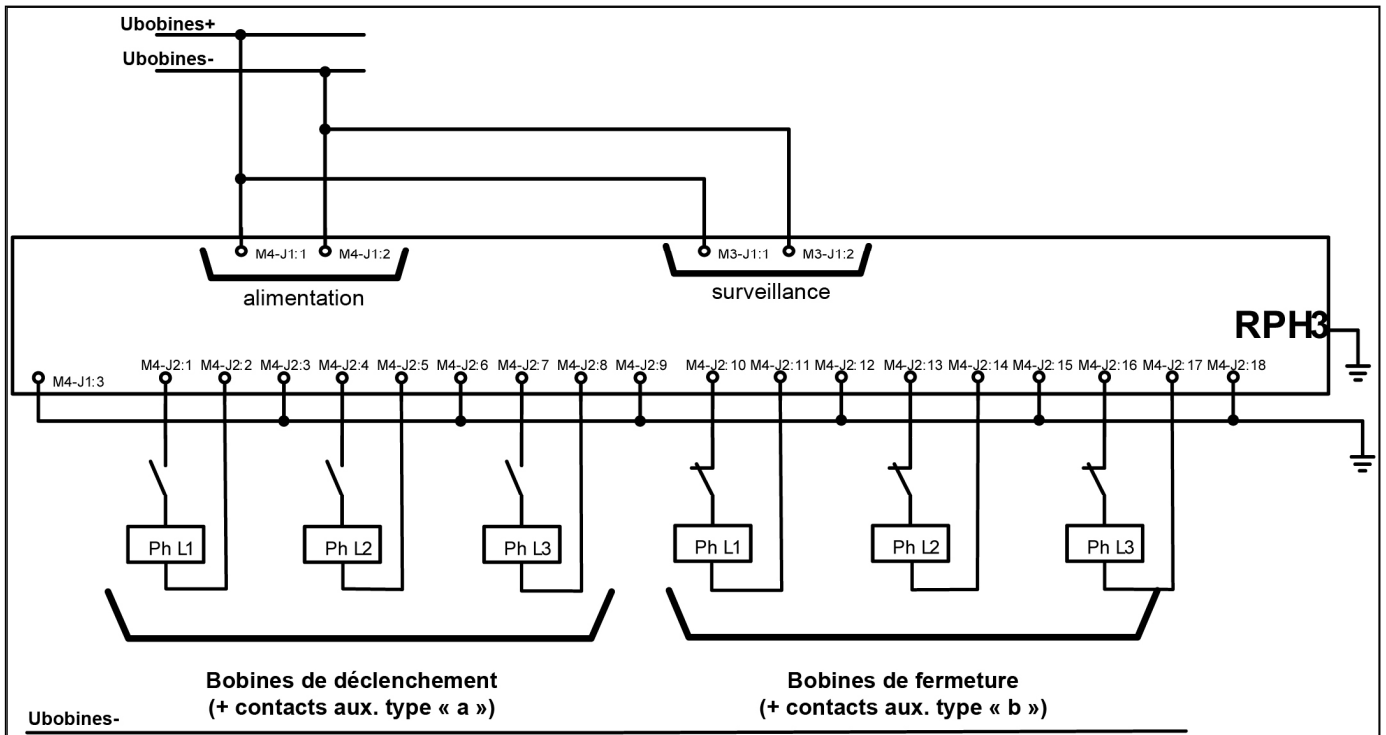


Figure 26 : Câblage des sorties de commande des bobines du disjoncteur : schéma du MODE DIFFERENTIEL (appareillage en position ouverte)

Un réglage logiciel du contrôleur RPH3 doit être défini via l'IHM web selon le schéma de raccordement choisi (voir la Figure 27 ci-dessous) :

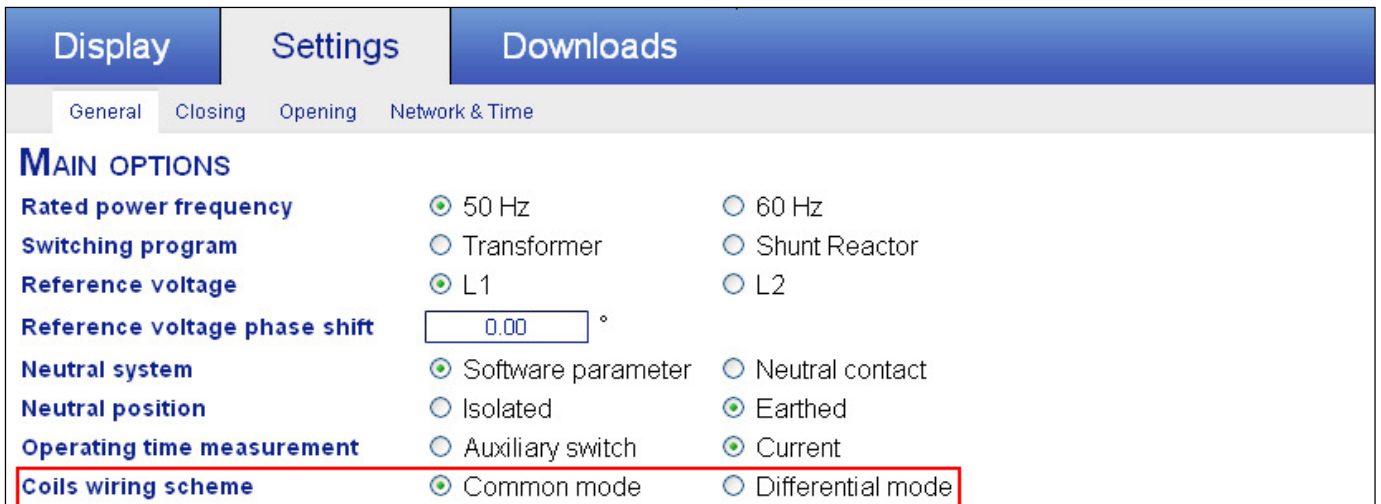


Figure 27 : IHM web : sélection du schéma de câblage des bobines de l'appareillage

Grâce à leur conception, chacun de ces modules propose les fonctionnalités de diagnostic continu suivantes :

- Etat des transistors MOSFET (capacité ou non à piloter les bobines du disjoncteur)
- Contrôle de continuité des circuits de fermeture et d'ouverture du disjoncteur

Le contrôleur RPH3 peut ainsi déclencher des alarmes système en cas de défaillance du MOSFET ou de bobines endommagées, évitant ainsi les situations indésirables (par ex. écart entre les pôles).



Comme indiqué sur la Figure 28 ci-dessous, les résultats de ces auto-contrôles sont accessibles via l'IHM web (ils peuvent également être configurés pour la commande des contacts de sortie d'alarmes : se reporter à la section 3-7, page 72) :

	L1	L2	L3
Close command	Failed	Failed	Failed
Close enable	Failed	Failed	Failed
Closing coils	Discontinuity	Discontinuity	Discontinuity
Open command	Failed	Failed	Failed
Open enable	Failed	Failed	Failed
Open coils	Discontinuity	Discontinuity	Discontinuity

Figure 28 : Alarmes d'auto-tests (accessibles sur l'IHM web)

**REMARQUE 1 :** toutes ces alarmes système sont déclenchées par le contrôleur RPH3 (voir la capture d'écran ci-dessus) si la tension continue est présente sur le connecteur M3-J1 (entrée de surveillance) mais pas sur le connecteur M4-J1 (entrée de commande de bobine). D'un autre côté, toutes ces alarmes sont désactivées si la tension continue est présente sur le connecteur M4-J1, mais pas sur le connecteur M3-J1. Dans ce cas, le contrôleur RPH3 déclenche une alarme d'application spécifique (voir ci-dessous) :

Reference voltage	Ok	Line current	Ok
Neutral system	Earthed (Set by software)	Application behaviour	Ok
Switchgear closing	Ok	Switchgear opening	Ok
Operating time compensations	OK	Control voltage	Out of range

Figure 29 : Alarme de tension de commande si aucune tension continue n'est présente sur le connecteur M3-J1 du RPH3

Se reporter à la section 3-7, page 72 pour de plus amples détails sur cette alarme.

**REMARQUE 2 :** la surveillance de continuité de la bobine assurée par le RPH3 n'empêche pas l'utilisation d'un autre équipement externe de surveillance de bobine, **à condition que les précautions nécessaires suivantes soient respectées.**

- Le courant total circulant à travers chaque bobine ne doit jamais être suffisant pour piloter des manœuvres de disjoncteur imprévues (courant d'*activation*) ou empêcher la bobine de revenir dans sa position d'inactivité (courant de *maintien*).
- Une séparation électrique doit être assurée entre tous les équipements de surveillance, afin d'éviter des interactions entre la fonctionnalité de surveillance du RPH3 et les équipements externes (par ex. diodes / opto-isolateurs).
- Le schéma de câblage entre les sorties du RPH3 et les bobines du disjoncteur doivent être « MODE COMMUN » (dans le réglage logiciel du RPH3 et sur le schéma de raccordement réel).

Si  $\geq 1$  de ces conditions n'est (ne sont) pas remplie(s) : **NE PAS utiliser d'équipement externe pour la surveillance de continuité des bobines** pour éviter le déclenchement inattendu d'alarmes de continuité.

**REMARQUE 3 :** quelle que soit la durée de l'impulsion de commande d'entrée tripolaire (à condition qu'elle soit suffisamment longue pour être valide), le RPH3 émet 3 impulsions de sortie avec une durée prédéfinie de 80 ms chacune, qui peuvent être ajustées par l'utilisateur final (via l'IHM web), comme illustré sur la Figure 30 ci-dessous.

**REMARQUE 4 :** l'IHM web du RPH3 propose une durée d'impulsion de sortie unique pour chaque groupe de 3 commandes de sortie unipolaires (1 groupe pour les commandes de fermeture + 1 groupe pour les commandes d'ouverture).

Toutefois, cette durée peut être réglée sur différentes valeurs et manœuvres d'ouverture.

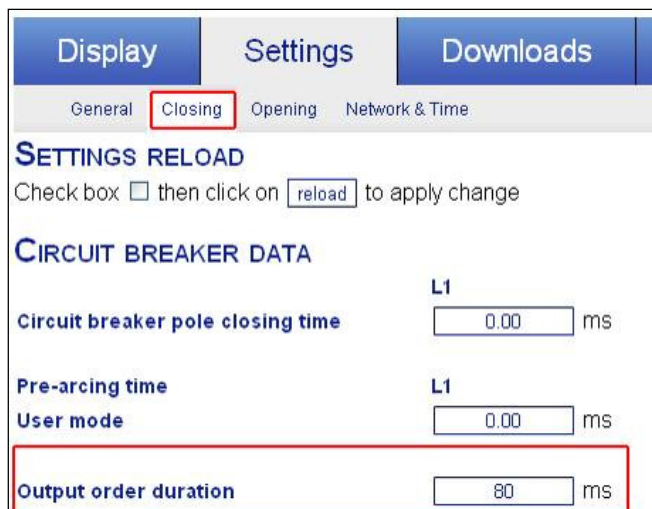


Figure 30 : Ajustement de la durée pour les 3 impulsions de commande de fermeture de sortie

Caractéristiques du RPH3 sur cette interface :

Caractéristiques nominales	Mini	Type	Maxi	Unité
<b>Connecteur M4-J1 (alimentation des bobines du DJ)</b>		<i>MSTB 2,5/3-STF-5,08</i>		
impédance d'entrée	-	1100	-	kΩ
amplitude de tension (CA)	48	-	250	V
amplitude de tension (CC)	33	-	300	V
courant maximum tiré sur cette entrée (pendant 300 ms maxi)	-	-	30	A
niveau d'isolement	2000	-	-	V
<b>Connecteur M3-J1 (surveillance de la tension d'alimentation des bobines du DJ)</b>		<i>MSTB 2,5/2-STF</i>		
impédance d'entrée	-	63	-	kΩ
amplitude de la tension d'entrée	48	-	250	V <sub>CC</sub>
consommation de puissance du RPH3 sur cette entrée	-	-	2	VA
niveau d'isolement	2000	-	-	V

### 3-4.6 Mesure des temps de manœuvre de l'appareillage

Le temps de manœuvre d'un pôle d'appareillage donné est défini comme la durée entre le moment où sa bobine de fermeture/d'ouverture est pilotée (front montant de l'impulsion) et la date à laquelle les contacts principaux du pôle se touchent mécaniquement (manœuvre de fermeture) ou se séparent (manœuvre d'ouverture). Cette situation est illustrée sur la Figure 31 ci-dessous :

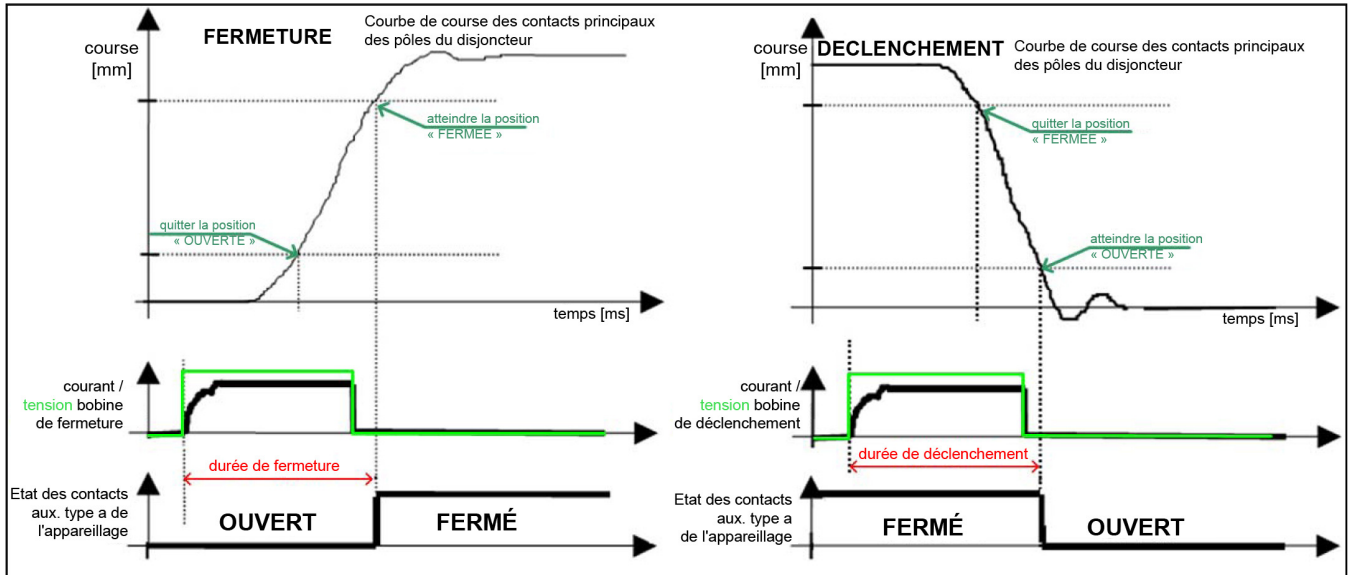


Figure 31 : Définition des temps de manœuvre

Plusieurs paramètres peuvent affecter les performances dynamiques d'un appareillage (et donc le temps de manœuvre de ses pôles) d'une manœuvre à l'autre, parmi lesquels :

- Température ambiante
- Tension d'alimentation des bobines du DJ
- Pression hydraulique dans le mécanisme de commande (si applicable)
- Temps d'inactivité du disjoncteur (période entre des manœuvres consécutives d'appareillages hydrauliques, si applicable)
- Déviation mécanique inévitable (par ex. vitesse de fonctionnement)
- etc.

Le contrôleur RPH3 doit tenir compte de ces paramètres lors de l'évaluation des points cibles applicables pour une manœuvre de disjoncteur donnée (1 point cible par pôle), afin de garantir une commutation synchrone PoW efficace.

Par conséquent, le RPH3 mesure avec précision le temps de manœuvre réel sur chaque pôle pendant une manœuvre du disjoncteur, afin de le comparer avec la valeur attendue, prévue par un algorithme interne :

$$t_{OP\_expected} = t_{OP\_rated} + \Delta t_{compensations} + \Delta t_{adaptive\_control}$$

$$\Delta t_{OP} = |t_{OP\_expected} - t_{OP\_measured}|$$

où :

- $t_{OP\_expected}$  correspond au temps de manœuvre attendu pour le pôle, prévu par le RPH3
- $t_{OP\_rated}$  correspond au temps de manœuvre nominal du pôle (réglage logiciel via l'IHM web comme montré sur la Figure 32 ci-dessous, ajusté lors de la mise en service du RPH3).
- $\Delta t_{compensations} + \Delta t_{adaptive\_control}$  correspond au temps supplémentaire (qui peut être < 0) dû à l'influence de ces paramètres spécifiques. Se reporter à la section 3-5 (page 55) pour de plus amples détails.
- $t_{OP\_measured}$  correspond au temps de manœuvre réel du pôle, mesuré pendant une manœuvre du disjoncteur.

- $\Delta t_{OP}$  correspond au décalage temporel absolu entre  $t_{OP\_expected}$  et  $t_{OP\_measured}$ .

	L1	L2	L3
Circuit breaker pole closing time	92.60 ms	92.20 ms	92.85 ms

Figure 32 : Réglage des temps de manœuvre nominaux du disjoncteur (IHM web)

Etant donné qu'il ne peut pas accéder directement aux contacts principaux de l'appareillage (qui sont sous haute tension), le contrôleur RPH3 propose 2 méthodes pour mesurer les temps de manœuvre :

- Détection des instants de commutation des contacts auxiliaires du disjoncteur (interface M4-J6).
- Détection des instants d'établissement / coupure du courant HT dans la(les) chambre(s) de coupure du pôle grâce à des transformateurs de courant externes (interface M3-J4).

L'utilisateur final peut choisir sa méthode préférée grâce à un réglage logiciel dans l'IHM web :

Rated power frequency	<input checked="" type="radio"/> 50 Hz	<input type="radio"/> 60 Hz
Switching program	<input type="radio"/> Transformer	<input type="radio"/> Shunt Reactor
Reference voltage	<input checked="" type="radio"/> L1	<input type="radio"/> L2
Reference voltage phase shift	<input type="text" value="0.00"/> °	
Neutral system	<input type="radio"/> Software parameter	<input checked="" type="radio"/> Neutral contact
Operating time measurement	<input checked="" type="radio"/> Auxiliary switch	<input type="radio"/> Current

Figure 33 : IHM web : choix de la méthode préférée pour la mesure des temps de fonctionnement

Toutefois, les deux méthodes sont utilisées par le RPH3 via des processus de mesure parallèles. Ainsi, si l'une d'entre elles échoue (donnant lieu à une valeur non pertinente de  $\Delta T_{OP}$ ), le résultat de l'autre est automatiquement pris en compte pour les traitements ultérieurs.

**REMARQUE 1 :** si la méthode qui a échoué n'était pas la méthode préférée, le RPH3 ne déclenche aucune alarme visible pour l'utilisateur final. Toutefois, s'il s'agit de la méthode préférée, le RPH3 déclenche une alarme d'application (« alarme de fermeture de l'appareillage » ou « alarme d'ouverture de l'appareillage » : se reporter à la section 3-7, page 72) et tient compte du résultat de l'autre méthode (s'il est valide) pour évaluer  $\Delta T_{OP}$ .

**REMARQUE 2 :** quelle que soit la méthode sélectionnée,  $T_{OP\_measured}$  est comparé par le RPH3 à une plage autorisée (ajustable via l'IHM web comme indiqué sur la Figure 34 ci-dessous).

Display	Settings	Downloads	
General Closing Opening Network & Time			
<b>SETTINGS RELOAD</b>			
Check box <input type="checkbox"/> then click on <input type="button" value="reload"/> to apply change			
<b>OPERATING TIME MEASUREMENT</b>			
Auxiliary contact time-shift	L1 <input type="text" value="0.00"/> ms	L2 <input type="text" value="0.00"/> ms	L3 <input type="text" value="0.00"/> ms
Current thresholds	Detection <input type="text" value="500.0"/> A (rms)	Dating <input type="text" value="100.0"/> A	
Closing measurement limits	Min <input type="text" value="0.00"/> ms	Max <input type="text" value="200.00"/> ms	Operating time tolerance <input type="text" value="0.00"/> ms
<input type="button" value="Clear"/> <input type="button" value="Set"/>			

Figure 34 : Plage de validité et tolérance pour le temps de manœuvre

Après chaque manœuvre du disjoncteur, les valeurs obtenues pour  $T_{OP\_measured}$  et  $\Delta T_{OP}$  sont testées pour chaque pôle par leur respect des conditions suivantes :

- $Min \leq T_{OP\_measured} \leq Max$
- $\Delta T_{OP} \leq \text{tolérance}$

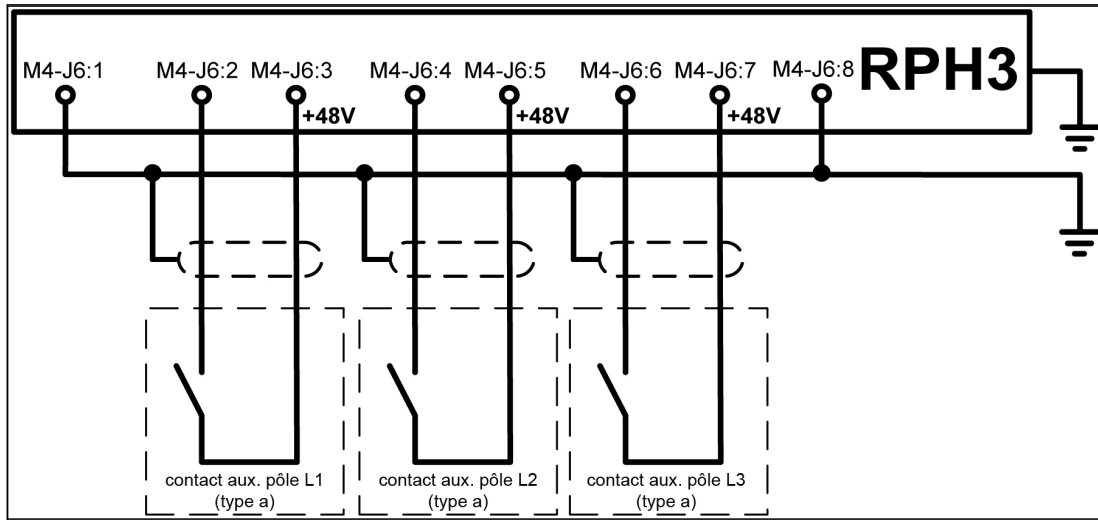
Dès que  $\geq 1$  de ces conditions n'est pas respectée, une alarme d'application est déclenchée par le RPH3 (voir Figure 35) :

Display	Settings	Downloads	
Status Sensor data Input signalling Last closing results Last opening results			
<b>GLOBAL STATUS</b>			
Firmware	TCR V 0.40		
Last switching status (Led 2)	Ok	Bistable relay 1	Ok
System alarms (Led 3)	Alarm	Bistable relay 2	Ok
Application alarms (Led 4)	Alarm	Bistable relay 3	Ok
Monostable relay	Ok	Bistable relay 4	Ok
<b>APPLICATION ALARMS</b>			
Reference voltage	Not ok	Line current	Ok
Neutral system	Unknown (Set by neutral contact)	Application behaviour	Ok
Switchgear closing	Ok	Switchgear opening	Ok
Operating time compensations	OK	Control voltage	Out of range

Figure 35 : Alarme déclenchée si le temps de manœuvre mesuré est hors plage

3-4.6-1 Méthode de mesure 1 : surveillance des contacts auxiliaires du DJ (type a)

Le contrôleur RPH3 fournit un connecteur d'interface (M4-J6) aux contacts auxiliaires de l'appareillage (type a) :

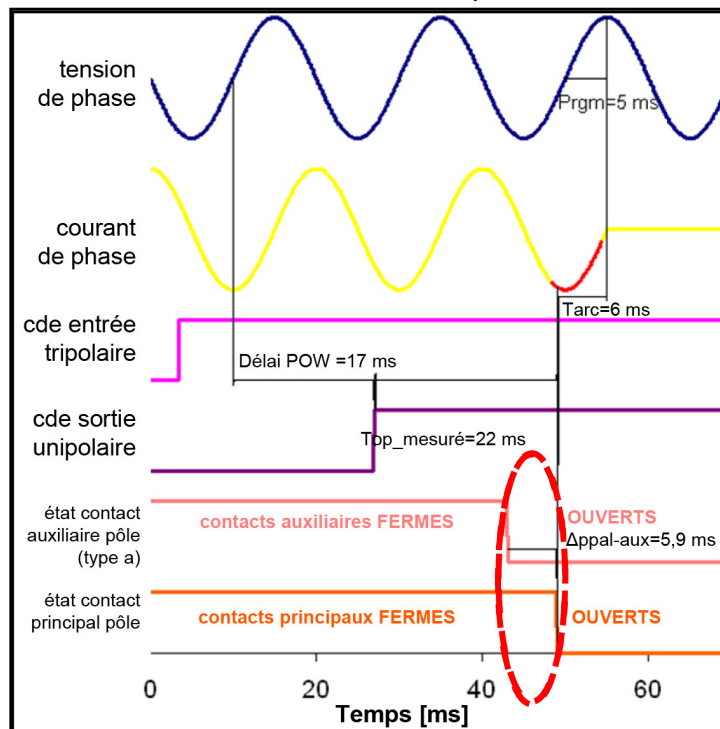


**Figure 36 : Raccordement des contacts auxiliaires de l'appareillage**

Le RPH3 fournit en continu une tension de +48 Vcc pour la polarisation des contacts auxiliaires (broches M4-J6:3/5/7).

Selon l'état de l'interrupteur de l'appareillage surveillé (entièrement fermé ou ouvert), le contact auxiliaire associé (type a) est soit fermé, soit ouvert afin que la tension de polarisation soit présente ou non sur la borne d'entrée dédiée du RPH3 (M4-J6:2, 4 ou 6).

Pour permettre au RPH3 d'évaluer l'instant de contact / séparation des contacts principaux du pôle pendant une manœuvre du disjoncteur, il ajoute arithmétiquement un délai ( $\Delta_{\text{appal\_aux}}$  en ms) à l'instant de changement d'état du contact auxiliaire (front montant ou descendant de la tension d'entrée), comme illustré sur la Figure 37 ci-dessous :



**Figure 37 : Définition du décalage temporel pour les contacts auxiliaires**

La valeur de ce « décalage auxiliaire »  $\Delta_{\text{appal\_aux}}$  dépend des caractéristiques de l'appareillage. Elle doit être mesurée plusieurs fois sur chaque pôle du disjoncteur séparément, dans les conditions de site habituelles (température extérieure).

La valeur moyenne entre ces mesures doit être définie dans les réglages de configuration du RPH3 via l'IHM web, comme illustré ci-dessous :

The screenshot shows the 'Settings' tab of the RPH3 web interface. The 'Operating Time Measurement' section is highlighted with a red border. It contains the following fields:

	L1	L2	L3
Auxiliary contact time-shift	0.00 ms	0.00 ms	0.00 ms
Current thresholds	Detection: 500.0 A (rms)		Dating: 100.0 A
Closing measurement limits	Min: 0.00 ms	Max: 200.00 ms	Operating time tolerance: 0.00 ms

Buttons: Clear, Set

Figure 38 : Ajustement du décalage temporel pour les contacts auxiliaires

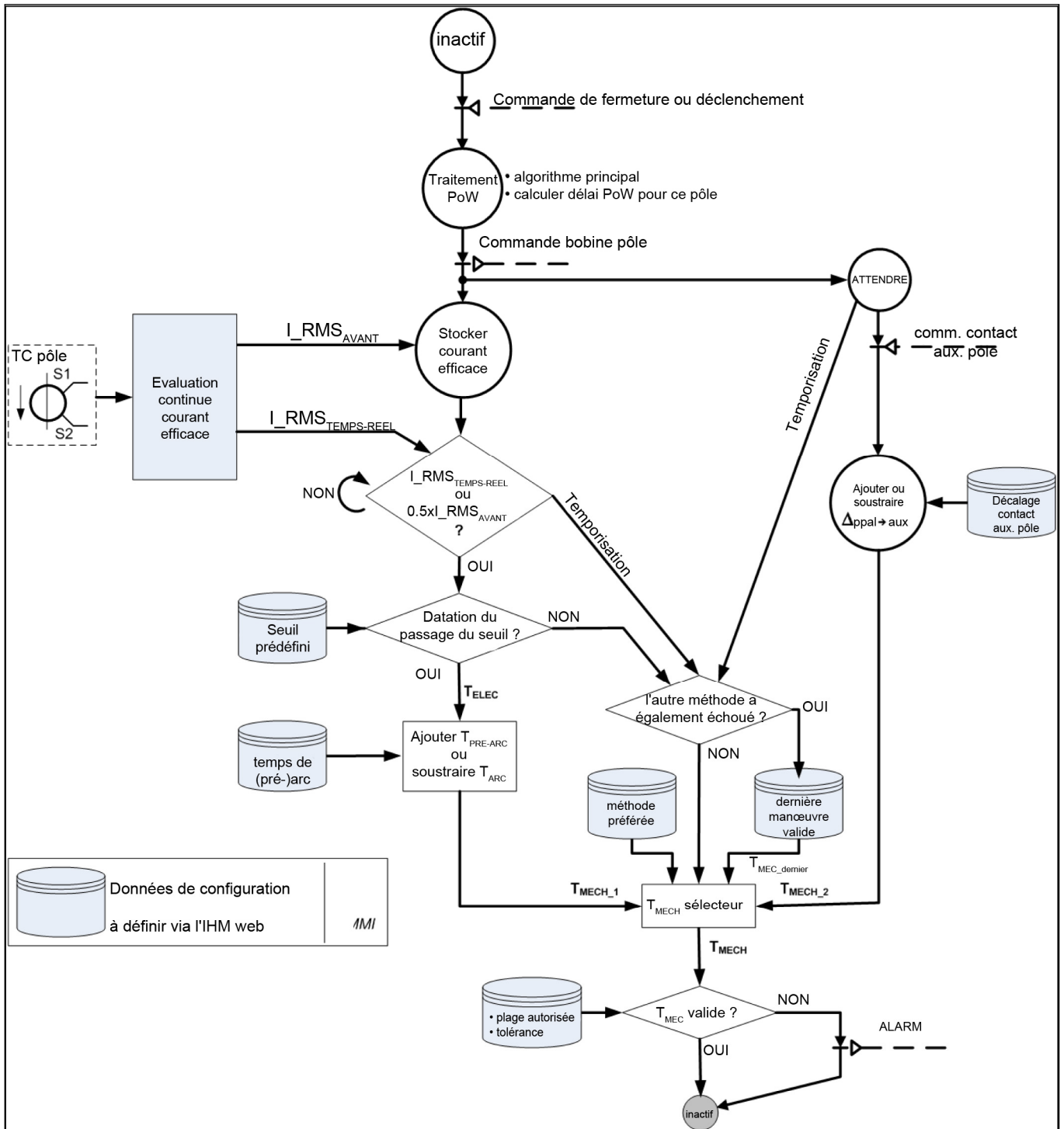
**REMARQUE 1 :** ce décalage est considéré comme constant par le RPH3, quelles que soient les conditions de température et l'âge du mécanisme de commande du disjoncteur.

**REMARQUE 2 :** pendant les manœuvres d'ouverture du disjoncteur, le contact auxiliaire d'un pôle donné doit ouvrir AVANT les contacts principaux séparés mécaniquement ( $\Delta_{ppal \rightarrow aux} > 0$ ), alors qu'il doit fermer légèrement APRES les contacts principaux en contact mécanique pendant les manœuvres de fermeture du disjoncteur ( $\Delta_{ppal \rightarrow aux} < 0$ ). Toutefois, seules les valeurs (positives) non signées doivent être saisies dans les zones de l'IHM web.

3-4.6-2 Méthode de mesure 2 : surveillance des courants HT

Le contrôleur RPH3 propose une autre méthode pour mesurer les temps de manœuvre des pôles de l'appareillage. Cette méthode consiste à mesurer la circulation du courant HT à travers ses contacts principaux afin de détecter l'instant de coupure / établissement grâce à l'analyse de forme d'onde.

Cette analyse se base sur une évaluation efficace continue du courant CA avant/après la manœuvre du pôle et sur une détection instantanée de dépassement de seuil, comme illustré sur la Figure 39 ci-dessous :





Pendant une manœuvre de fermeture de pôle : dès que le courant efficace atteint le « seuil de détection » prédéfini  $I_{RMS\_TH}$ , l'événement d'initiation du courant est daté à l'instant où sa valeur instantanée passe le « seuil de datation » prédéfini  $I_{TH}$ , comme illustré sur la Figure 40 ci-dessous.

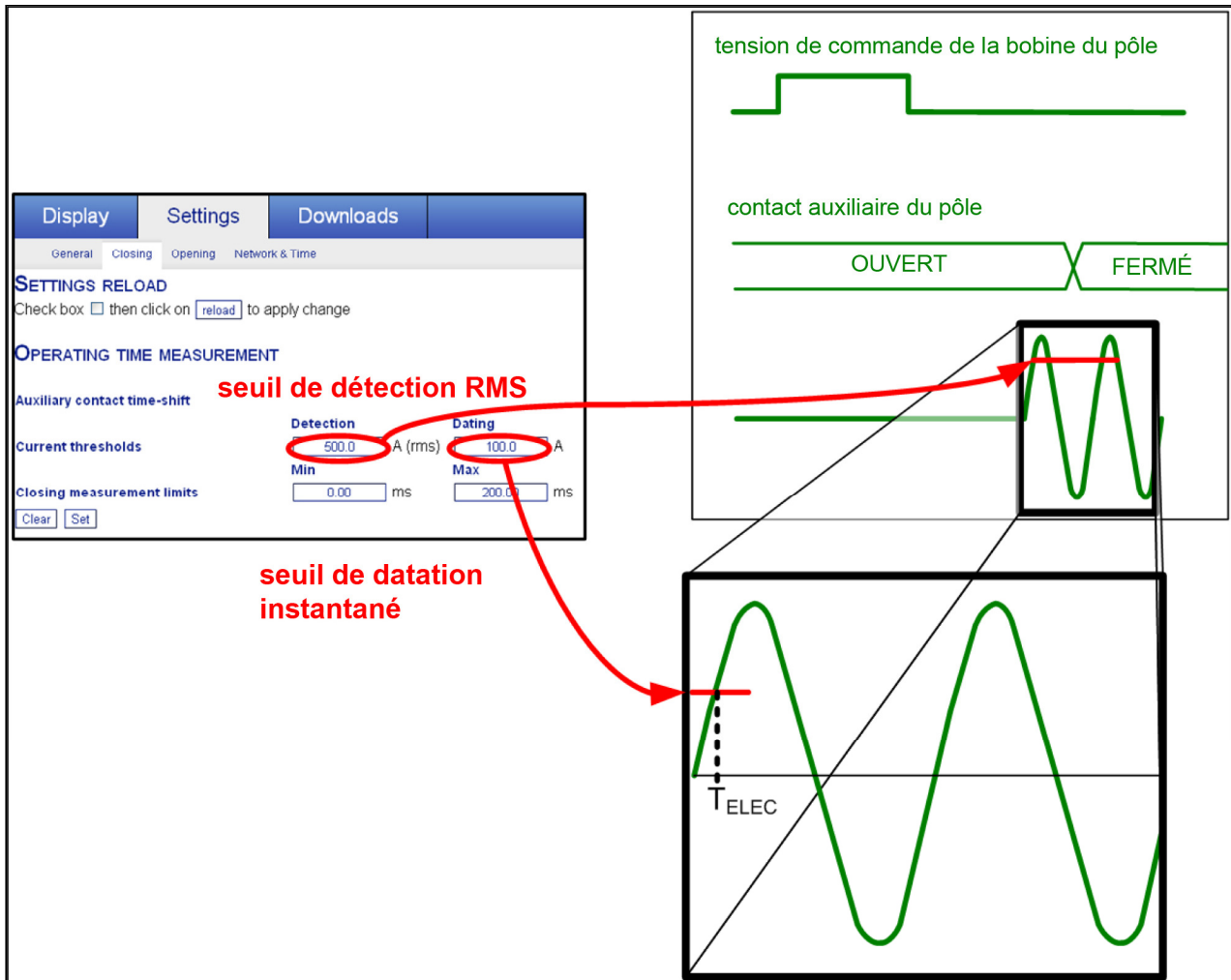


Figure 40 : Analyse de forme d'onde pour dater l'initiation du courant : exemple pour une manœuvre de fermeture de pôle

De la même manière, pendant une manœuvre de déclenchement : dès que le courant efficace passe sous  $I_{RMS\_TH}$ , l'événement de coupure du courant est daté lorsque sa valeur croise  $I_{TH}$ .

Ces deux seuils doivent être ajustés via les réglages logiciels (IHM web) :

- 1 paire de seuils pour les manœuvres de fermeture
- 1 paire de seuils pour les manœuvres d'ouverture

Ces mêmes seuils s'appliquent à chaque pôle. Valeurs recommandées :

$$0.3 \leq \frac{I_{RMS\_TH}}{I_{RATED}} \leq 0.5$$

$$0.1 \leq \frac{I_{TH}}{I_{PEAK}} \leq 0.2$$

Tableau 3 : Valeurs recommandées pour les seuils de courant (méthode de mesure des temps de manœuvre 2)

### 3-4.7 Echantillonnage des courants HT

Le contrôleur RPH3 doit être connecté aux TC (Transformateurs de Courant) de mesure externes via son interface dédiée (connecteur M3-J4 + douille de sécurité).

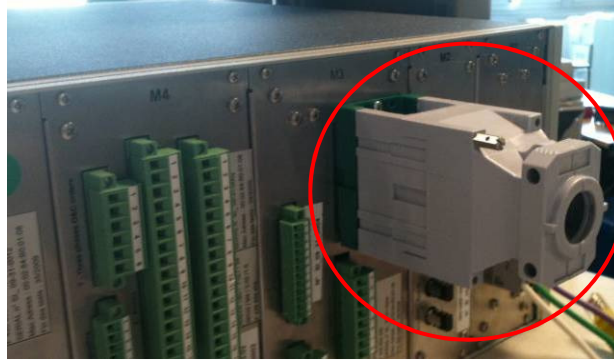


Figure 41 : Douille de sécurité sur l'interface M3-J4

Ces TC de mesure doivent être bobinés autour des 3 phases HT, comme illustré ci-dessous :

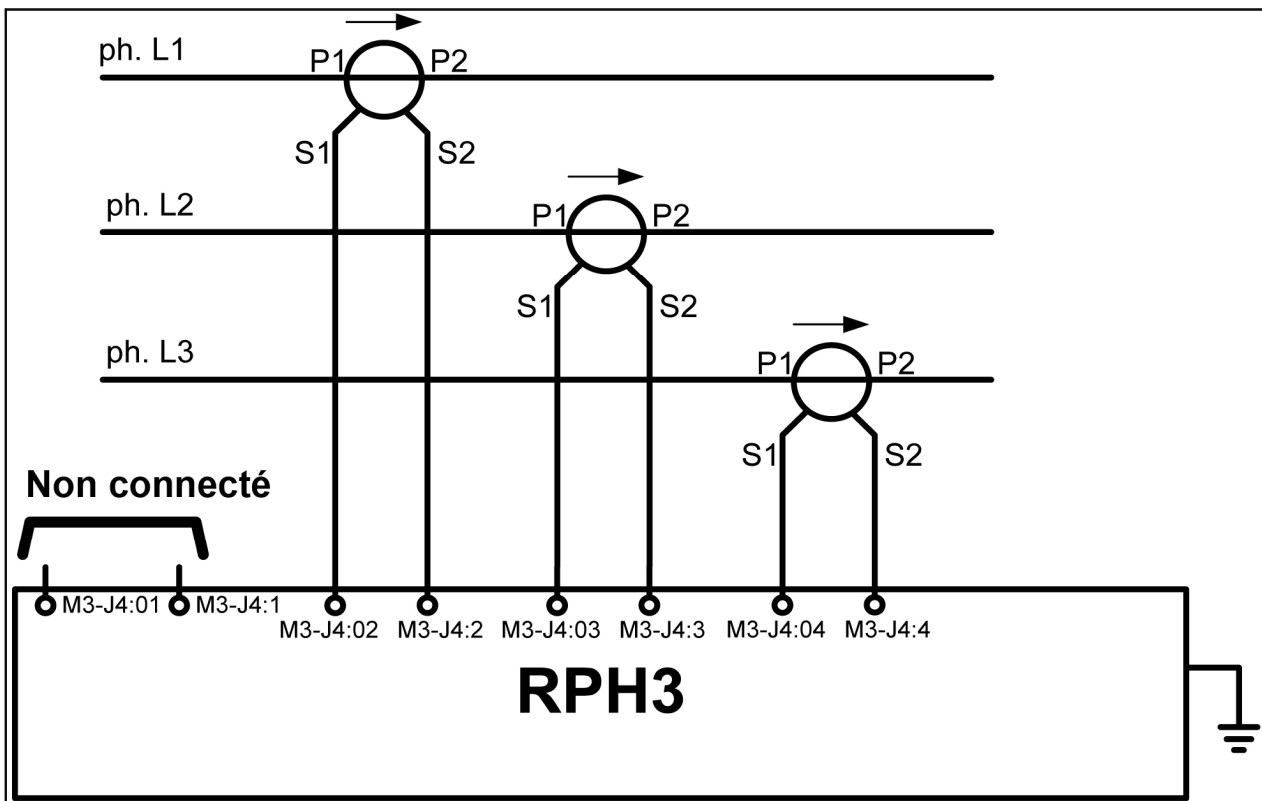


Figure 42 : Interface de mesure du courant HT

Les TC de mesure recommandés doivent être précis (classe de précision recommandée : 0,5 / 1 / 3), adaptés aux applications 50/60 Hz et avoir un courant de sortie nominal (enroulement secondaire) de 1 A ou 5 A (puissance de sortie  $\approx 5$  VA).

Pour des raisons de sécurité, il est important de protéger le personnel de maintenance contre les surtensions parasites pouvant survenir sur les bornes du TC lors de la déconnexion de l'enroulement secondaire. Cette douille de sécurité garantit la mise en court-circuit de l'enroulement secondaire du TC lors de la déconnexion pour éviter l'apparition de ces surtensions.

Le rapport de transformation du courant doit être connu par le contrôleur RPH3 pour lui permettre d'évaluer le courant HT circulant réellement à travers chaque pôle de l'appareillage.

Ces réglages doivent être ajustés par l'utilisateur lors de la mise en service du RPH3 via l'IHM web, comme illustré ci-dessous :

The screenshot shows the 'Settings' tab of the RPH3 web interface. Under the 'General' sub-tab, there is a 'SETTINGS RELOAD' section with a checkbox and a 'reload' button. Below that is the 'RATED LEVELS' section, which is highlighted with a red border. It contains two columns: 'Primary' and 'Secondary'. The 'Reference voltage phase-phase' is set to 512.500 kV (rms) for Primary and 114.285 V (rms) for Secondary. The 'Current' row shows 2000 A (rms) for Primary, with radio buttons for 1A (selected) and 5A for Secondary. 'Clear' and 'Set' buttons are at the bottom.

	Primary	Secondary
Reference voltage phase-phase	512.500 kV (rms)	114.285 V (rms)
Current	2000 A (rms)	<input checked="" type="radio"/> 1A <input type="radio"/> 5A

Figure 43 : Réglages du ratio de transformation du courant (IHM web)

Grâce à ce rapport de transformation, le contrôleur RPH3 est capable d'évaluer le courant instantané sur chaque pôle lors d'une manœuvre de l'appareillage et de le comparer en continu à un seuil prédéfini, réglable via l'IHM web, comme illustré sur la Figure 44 ci-dessous :

The screenshot shows the 'Settings' tab of the RPH3 web interface. Under the 'General' sub-tab, there is a 'SETTINGS RELOAD' section with a checkbox and a 'reload' button. Below that is the 'ALARMS THRESHOLDS' section, which is highlighted with a red border. It contains two columns: 'Max' and 'Min'. The 'Primary current peak' is set to 1000 A for Max. The 'Control voltage' is set to 300 V for Max and 35 V for Min. 'Clear' and 'Set' buttons are at the bottom.

	Max	Min
Primary current peak	1000 A	
Control voltage	300 V	35 V

Figure 44 : Ajustement du seuil de courant HT instantané (IHM web)

Si le courant dépasse le seuil prédéfini, le contrôleur RPH3 déclenche une alarme qui reste active jusqu'à la réception de la prochaine commande de manœuvre :



Figure 45 : Alarme du courant HT instantané (IHM web)

A des fins de E&C, le RPH3 propose également une fonctionnalité de surveillance en « temps réel » des courants HT via son IHM web, comme illustré ci-dessous :

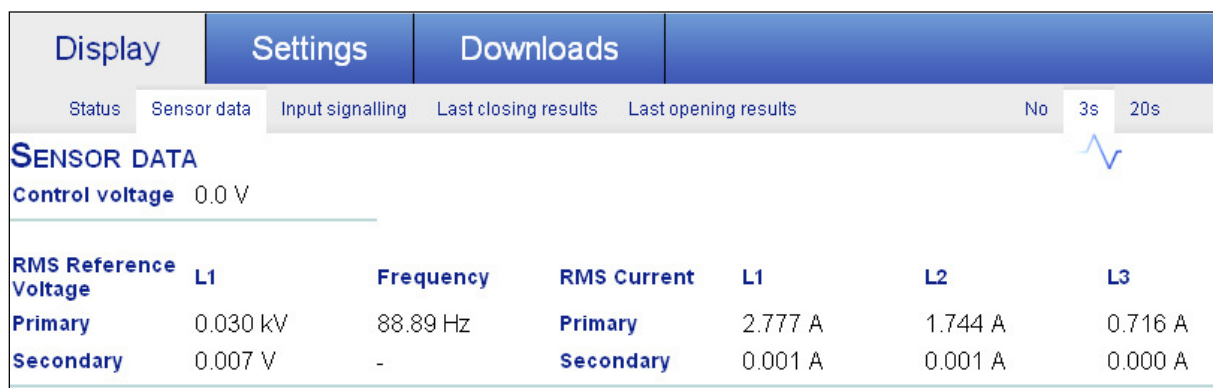


Figure 46 : Surveillance en « temps réel » des courants HT à des fins de E&C

Caractéristiques du RPH3 sur cette interface :

Caractéristiques nominales	Mini	Type	Maxi	Unité
<b>Connecteur M3-J4</b>		<i>MSTB 2.5/3-STF-5.08</i>		
impédance d'entrée différentielle (entre les bornes de raccordement S1 et S2)	0	0	0,1	Ω
amplitude du courant	-	1 ou 5	-	A
consommation de puissance du RPH3 sur cette entrée	-	5	-	VA
niveau d'isolement	2000	-	-	V

### 3-4.8 Echantillonnage des tensions de ligne HT

Le contrôleur RPH3 peut échantillonner les 3 tensions de ligne HT grâce à des TP dédiés, dont les enroulements primaires doivent être connectés aux bornes de l'appareillage du côté où se trouvent les éléments du circuit à (dés-)exciter. Bien qu'elle ne soit pas requise pour les applications TCR, cette connexion est obligatoire pour les applications de commutation de ligne, pour permettre au RPH3 d'évaluer la tension de battement à travers chaque pôle de l'appareillage lors des manœuvres de réenclenchement (se reporter à la section 4-5 page 119 pour plus de détails).

Les tensions CA fournies par ces TP sont des images en temps réel des tensions triphasées du système.

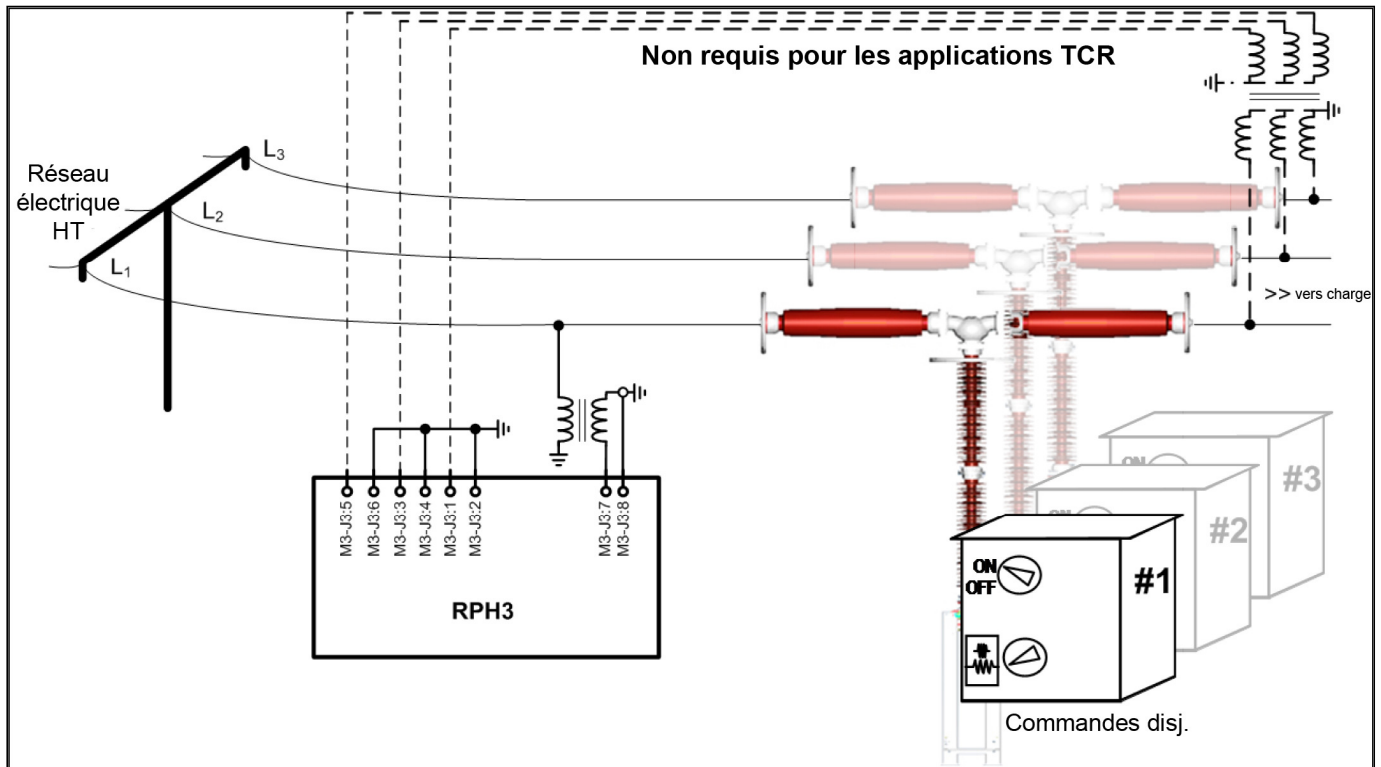


Figure 47 : Raccordement de l'interface des tensions de ligne HT

**REMARQUE 1 :** les TP doivent être choisis pour que la tension efficace nominale à travers leurs enroulements secondaires (connectés au RPH3) soit de  $100V/\sqrt{3}$  (option VT100) ou  $220V/\sqrt{3}$  (option VT220).

**REMARQUE 2 :** pour les applications de commutation de ligne (firmware « RPH3-L »), les rapports de transformation du TP doivent être ajustés par un réglage logiciel (via l'IHM web), comme illustré ci-dessous :

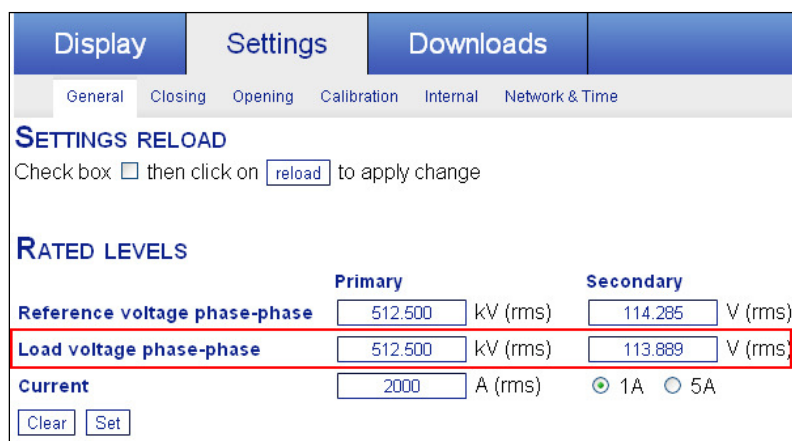


Figure 48 : Réglage du rapport de transformation du TP pour les tensions de ligne HT

**REMARQUE 3 :** pour la mise en service et la maintenance, les niveaux de tension réels sont accessibles via l'IHM web (niveaux d'accès autorisés uniquement) :

Display		Settings		Downloads	
Status		Sensor data		Input signalling	
Last closing results		Last oper			
<b>SENSOR DATA</b>					
0V	0.0000 V	+15V	15.0425 V		
Control voltage	0.0 V	Hydraulic drive pressure	L1	-97.41 bars	
RMS Reference Voltage	L1	Frequency	RMS Current		
Primary	0.026 kV	84.56 Hz	Primary		
Secondary	0.006 V	-	Secondary		
RMS Voltage Line	L1	L2	L3		
Primary	0.033 kV	0.024 kV	0.083 kV		
Secondary	0.007 V	0.005 V	0.019 V		

Figure 49 : Mesures des tensions de ligne HT

Caractéristiques du RPH3 sur cette interface :

Caractéristiques nominales	Mini	Type	Maxi	Unité
<b>Connecteur M3-J3</b>		<i>MSTB 2.5/8-STF-5.08</i>		
impédance d'entrée	-	8	-	kΩ
fréquence	20	-	60	Hz
tension d'entrée (option VT100)	15	100/√3	150	Veff
tension d'entrée (option VT220)	30	220/√3	330	Veff
consommation de puissance du RPH3 sur cette entrée	-	-	2	VA
niveau d'isolement	2000	-	-	V
erreur de mesure	-	-	1	%

### 3-5 Compensation des temps de manœuvre de l'appareillage

#### 3-5.1 Principe général

Le temps de manœuvre de chaque pôle du disjoncteur pendant les ouvertures et fermetures dépend de plusieurs facteurs :

- Température ambiante
- Tension d'alimentation des bobines du DJ
- Pression hydraulique (pour disjoncteur avec mécanismes de commande hydraulique)
- Temps d'inactivité du disjoncteur (temps entre 2 manœuvres successives – pour les disjoncteurs hydrauliques uniquement)
- Autres facteurs (performances dynamiques de commande, vieillissement, etc.)

Lors du traitement d'une commande de manœuvre de disjoncteur, le RPH3 doit tenir compte de ces facteurs pour prévoir le temps de manœuvre attendu sur chaque pôle du disjoncteur, afin de garantir l'établissement / la coupure du courant HT à des dates cibles :

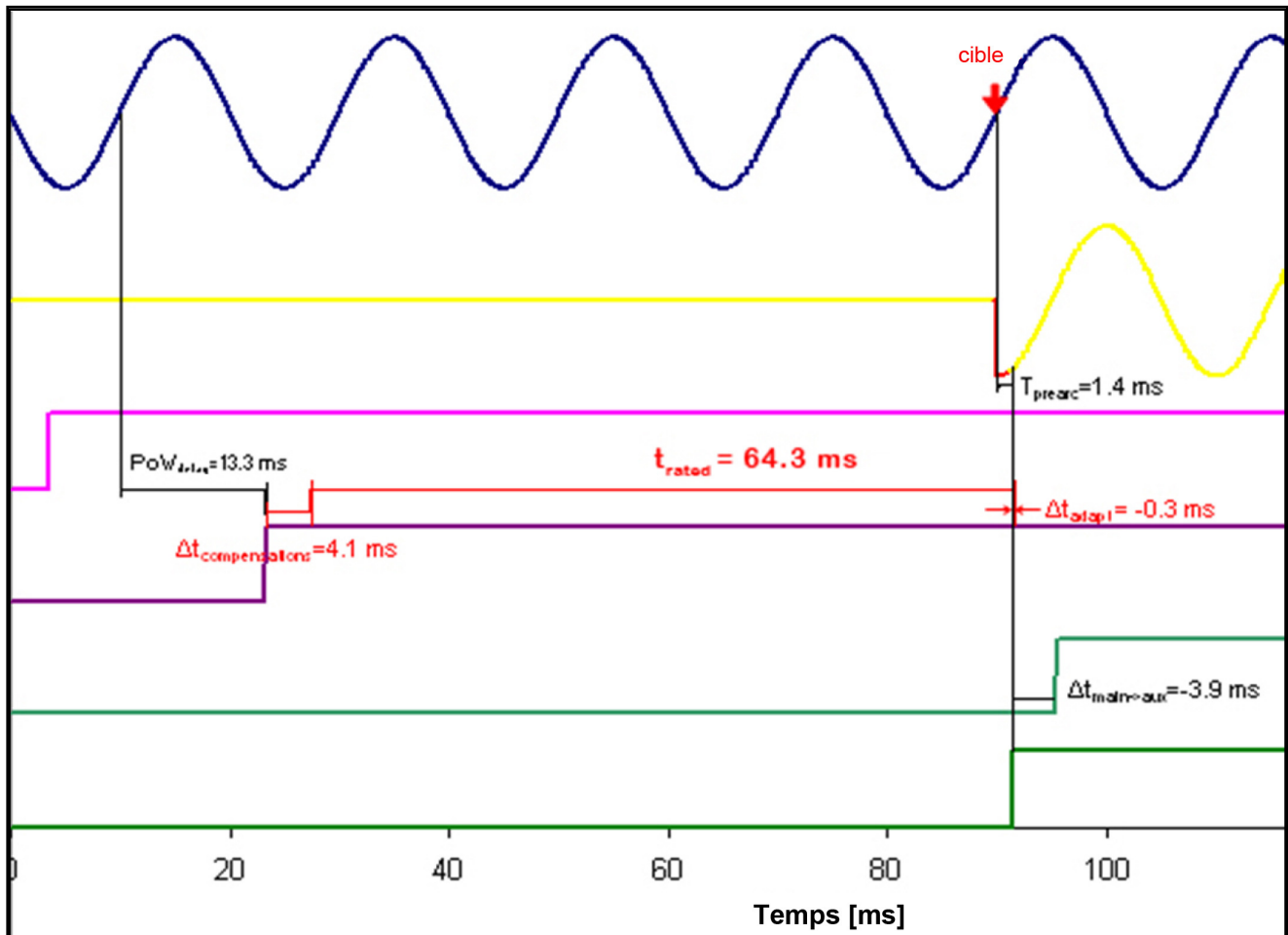


Figure 50 : Compensations : exemple d'une manœuvre de fermeture

$$t_{\text{operation}} = t_{\text{rated}} + \Delta t_{\text{compensations}} + \Delta t_{\text{adapt}}$$

où :

- $t_{\text{operation}}$  = temps de manœuvre attendu pour le pôle du disjoncteur concerné, tel que prévu par le contrôleur RPH3.
- $t_{\text{rated}}$  = temps de manœuvre du pôle mesuré sur site lors de la mise en service du disjoncteur dans des conditions les plus proches possibles des conditions nominales (température = 20°C, tension de bobine =  $U_{\text{rated}}$ , pression hydraulique =  $P_{\text{rated}}$ , etc.)
- $\Delta t_{\text{compensations}}$  = somme des compensations de temps dues à des facteurs pouvant être mesurés/évalués par le RPH3 et respectant les lois de compensation linéaires :
  - o Température ambiante
  - o Tension d'alimentation des bobines du DJ
  - o Pression hydraulique (pour disjoncteur avec mécanismes de commande hydraulique)
  - o Temps d'inactivité du disjoncteur (temps entre 2 manœuvres successives – pour les disjoncteurs hydrauliques uniquement)
- $\Delta t_{\text{adaptive\_control}}$  = somme des compensations de temps dues à tous les autres facteurs ne pouvant pas être mesurés par des processus indépendants ou suivant des lois de compensation stochastiques (vieillessement du disjoncteur, etc.).

Chacune de ces contributions au temps de compensation global d'une manœuvre pour un pôle donné peut être activée ou désactivée indépendamment via un réglage logiciel dans l'IHM web :

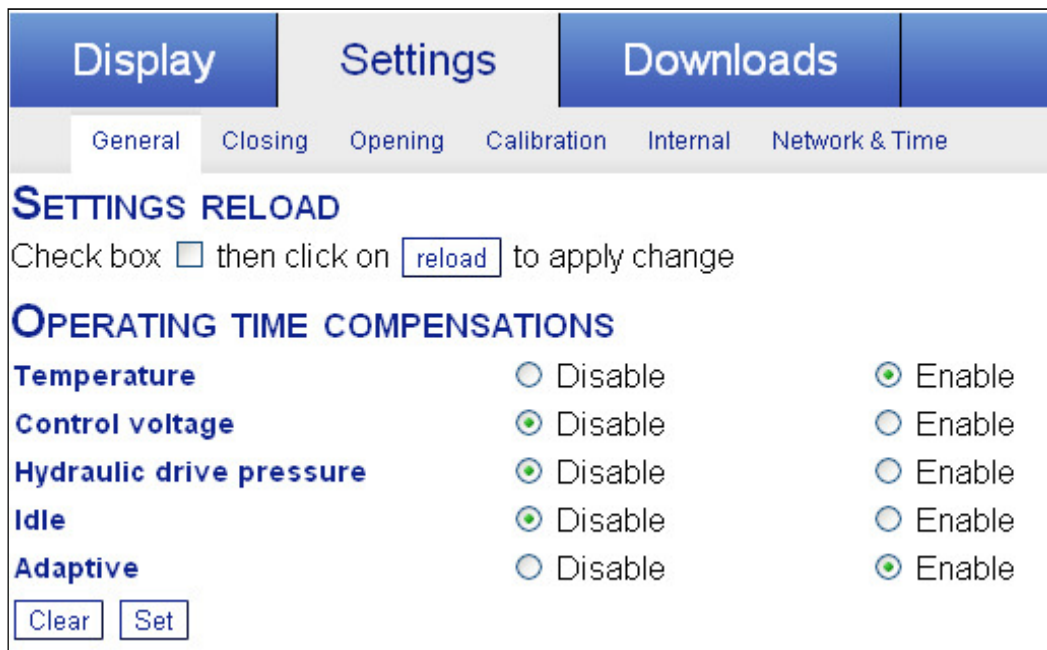


Figure 51 : Activation / désactivation des contributions de compensation

Les sections suivantes décrivent l'évaluation de ces différentes contributions par le contrôleur RPH3.



### 3-5.2 Contribution de la température ambiante

Pour les applications extérieures, la température ambiante peut considérablement impacter les performances de l'appareillage : dans une approche globale, les disjoncteurs sont plus lents avec des températures basses.

#### 3-5.2-1 Loi de compensation

Pour chaque type de manœuvre (fermeture et ouverture du disjoncteur), le contrôleur RPH3 intègre une table de 11 valeurs de temps de compensation indexées par les températures (pas de 10°C). Cette table peut être ajustée via l'IHM web du RPH3 lors de la mise en service (niveau d'accès ≥ Superviseur), comme illustré ci-dessous :

SETTINGS RELOAD										
Check box <input type="checkbox"/> then click on <input type="button" value="reload"/> to apply change										
OPERATING TIME COMPENSATIONS										
Ambient temperature										
-50 °C	-40 °C	-30 °C	-20 °C	-10 °C	0 °C	+10 °C	+20 °C	+30 °C	+40 °C	+50 °C
10.00	9.00	8.00	5.00	2.50	1.00	0.50	0.00	-0.30	-0.50	-1.00
ms										
<input type="button" value="Clear"/> <input type="button" value="Set"/>										

Figure 52 : Réglage de la table de compensation de températures dans l'IHM web (niveau d'accès ≥ Superviseur)

Cette table fournit la contribution (en ms) de la compensation du temps de manœuvre du pôle pour une température ambiante donnée, grâce à une interpolation linéaire entre 2 points adjacents sur la courbe ci-dessous :

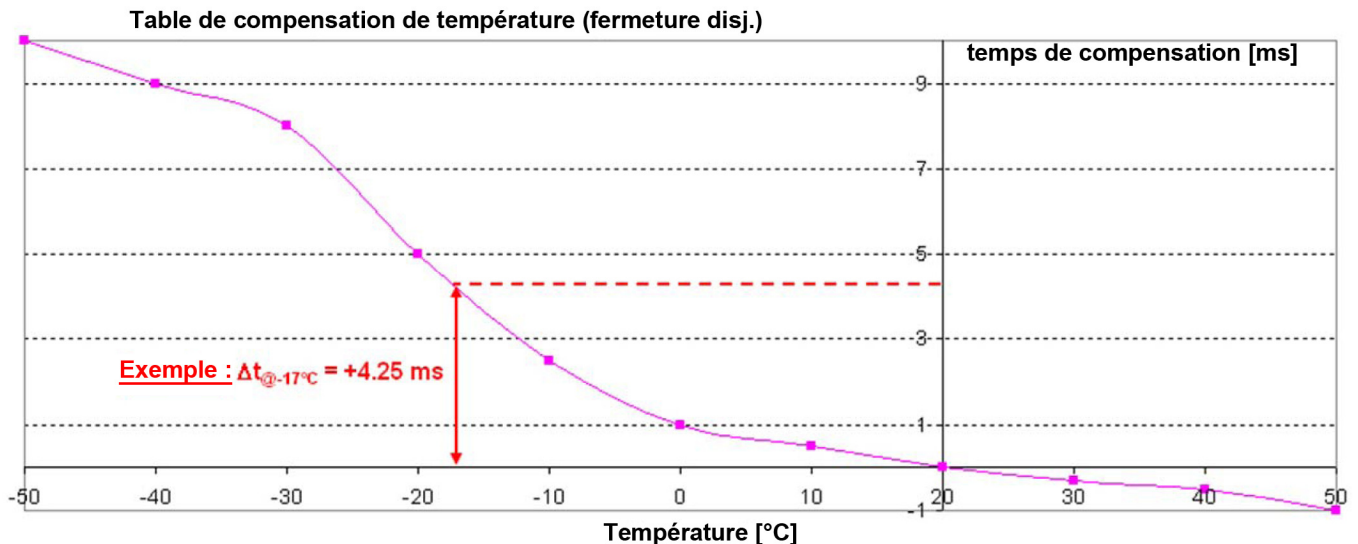


Figure 53 : Caractéristique de compensation de température (interpolation linéaire) : exemple pour les manœuvres de fermeture

**REMARQUE :** les tables de compensation peuvent être remplies avec différentes valeurs pour les manœuvres d'ouverture et de fermeture.

#### 3-5.2-2 Mesure de la température ambiante

Le RPH3 échantillonne en continu la température ambiante grâce à un capteur dédié qui doit être installé à l'extérieur, dans un endroit sans exposition directe aux rayons du soleil ni au vent. Le capteur doit être alimenté par le RPH3 lui-même (sortie +24V<sub>CC</sub>).

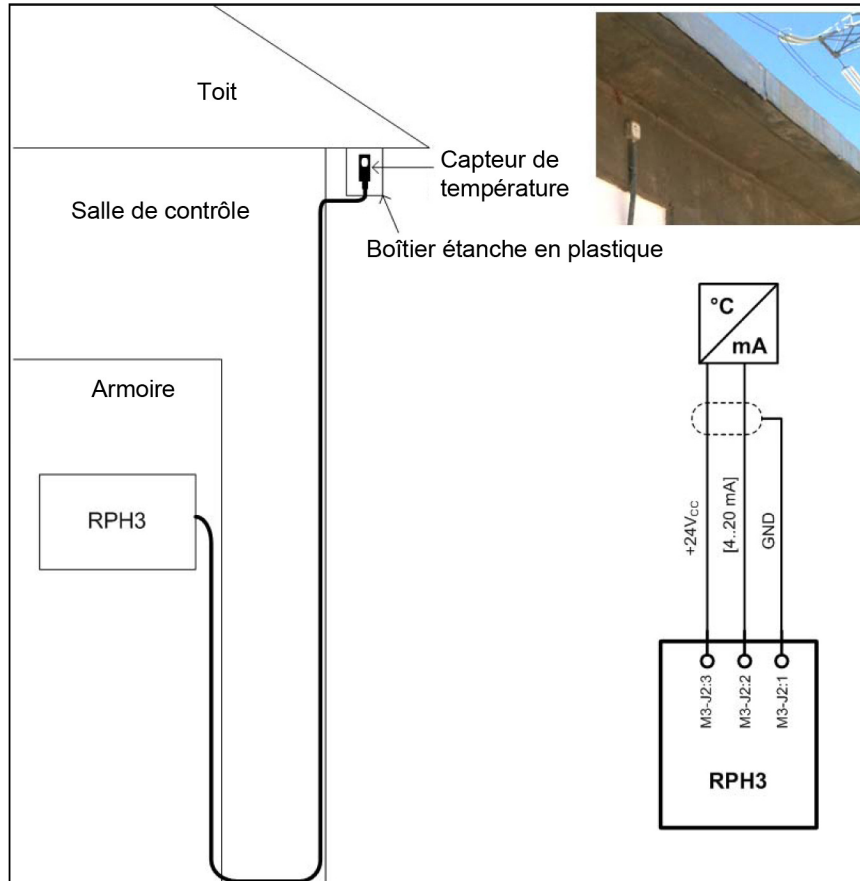


Figure 54 : Installation type du capteur de température ambiante

Tous les types de capteurs de température peuvent être installés, à condition que leurs interfaces avec le RPH3 soit un signal analogique standard [4...20 mA] (+24 V). Les facteurs d'échelle doivent être ajustés via l'IHM web :

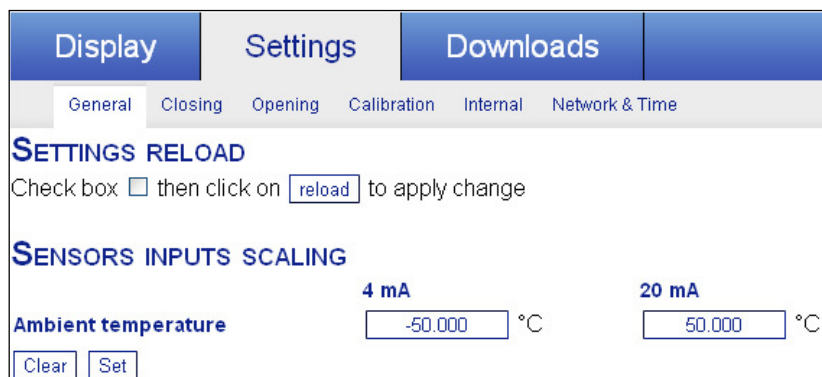


Figure 55 : IHM web : ajustement des facteurs d'échelle du capteur de température (niveau d'accès ≥ Superviseur)

Caractéristiques du RPH3 sur cette interface :

Caractéristiques nominales	Mini	Type	Maxi	Unité
<b>Connecteur M3-J2</b>		<i>MC 1,5/12-STF-3.5</i>		
impédance d'entrée (broches 2:1)	99	100	101	Ω
impédance d'entrée (broches 2:3, broches 1:3)	16	-	-	kΩ
tension d'alimentation du capteur	-	24	-	V <sub>CC</sub>
courant d'entrée (fourni par le capteur)	-	[4...20]	-	mA
puissance de sortie (fournie au capteur)	-	-	2	VA
erreur de mesure	-	-	3	%

### 3-5.3 Contribution de la tension de commande du disjoncteur

Les actionneurs de l'appareillage sont généralement constitués de bobines pilotant un mécanisme grâce à des forces magnétiques (loi de Lenz) : la charge mécanique est proportionnelle au carré du courant. Le taux croissant du courant étant U/L (où L est l'inductance de bobine et U la tension de commande appliquée à la bobine), toute modification du niveau de tension impacte directement la charge mécanique et, ainsi, le temps de manœuvre. Cette influence est compensée par le contrôleur RPH3.

#### 3-5.3-1 Loi de compensation

Pour chaque type de manœuvre (fermeture et ouverture du disjoncteur), le contrôleur RPH3 calcule  $\Delta t_{\text{voltage}}$  un temps à ajouter au temps de manœuvre nominal attendu pour le pôle d'un appareillage grâce à la formule ci-dessous :

$$\Delta t_{\text{voltage}} = \left( \frac{U_{\text{rated}}}{U_{\text{meas}}} - 1 \right) \cdot kU \cdot \text{Top}_{\text{rated}}$$

où :

- $U_{\text{rated}}$  = tension nominale d'alimentation des bobines (réglage logiciel dans l'IHM web).
- $U_{\text{meas}}$  = tension réelle d'alimentation des bobines, échantillonnée par le contrôleur RPH3 lors de la réception de l'impulsion de commande de manœuvre.
- $\text{Top}_{\text{rated}}$  = temps de manœuvre nominal du pôle du disjoncteur concerné, mesuré dans des conditions nominales à  $U = U_{\text{rated}}$  pendant une manœuvre du disjoncteur **de la même nature** (i.e. lors d'une manœuvre d'ouverture du disjoncteur en cas de commande ouverte, ou d'une manœuvre de fermeture dans le cas contraire).
- $kU$  = facteur de compensation en pourcentage (réglage logiciel dans l'IHM web).

The screenshot shows the 'Settings' tab of the IHM web interface. Under the 'OPERATING TIME COMPENSATIONS' section, there is a table of ambient temperature compensation values. Below this, the 'Control voltage' and 'Hydraulic drive pressure' settings are visible. The 'Control voltage' row is highlighted with a red border, showing a 'Rated' value of 220.00 V and a 'kU' value of 15.00. The 'Hydraulic drive pressure' row shows a 'Rated' value of 265.00 bars and a 'kP' value of 47.90.

Figure 56 : IHM web : réglages de la compensation de tension

Pour information, kU doit être évalué lors de la mise en service (ou des essais de type de l'appareillage) comme suit :

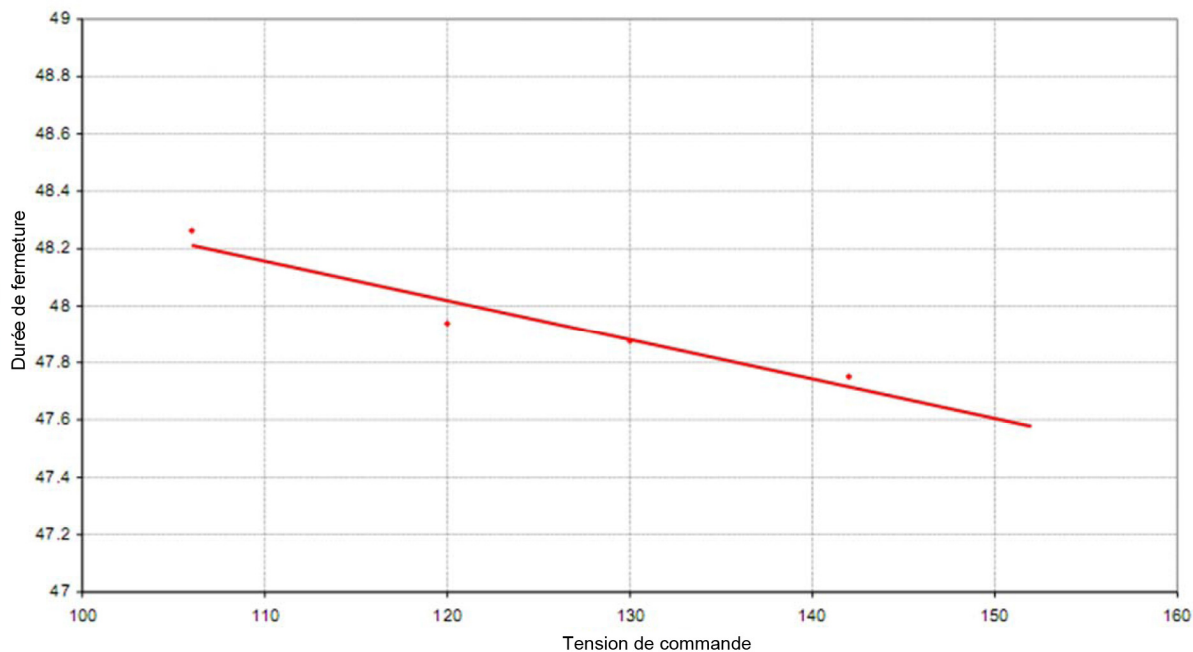
$$kU[\%] = \frac{(\text{Top})_{U_{\text{low}}} - (\text{Top})_{U_{\text{rated}}}}{\left(\frac{U_{\text{rated}}}{U_{\text{low}}} - 1\right) \cdot (\text{Top})_{U_{\text{rated}}}} \cdot 100$$

Où :

- $\{(\text{Top})_{U_{\text{rated}}}; U_{\text{rated}}\}$  est le point de manœuvre nominal du pôle concerné (tension des bobines =  $U_{\text{rated}}$ ).
- $\{(\text{Top})_{U_{\text{low}}}; U_{\text{low}}\}$  est un autre point de manœuvre du même pôle, obtenu lorsque les bobines sont alimentées avec une tension inférieure à  $U_{\text{rated}}$  (tous les autres paramètres étant identiques, i.e. température ambiante, pression hydraulique, etc).

**REMARQUE :** le facteur **kU** peut être réglé sur différentes valeurs pour les manœuvres d'ouverture et de fermeture.

**Exemple d'évaluation kU pour les manœuvres de fermeture : cas du disjoncteur T155-2 équipé d'une commande hydraulique**



**Figure 57 : Caractéristique de compensation de la tension d'alimentation des bobines**

- Point de fonctionnement 1 (mesure dans les conditions nominales) :  $\{(Top)_{U_{rated}} = 47.9ms; U_{rated} = 125V\}$
- Point de fonctionnement 2 (conditions nominales + tension basse) :  $\{(Top)_{U_{low}} = 48.3ms; U_{low} = 100V\}$

→ Facteur de compensation de tension :

$$kU = \frac{48.3 - 47.9}{\left(\frac{125}{100} - 1\right) \cdot 47.9} = 3.3\%$$

3-5.3-2 Echantillonnage de la tension d'alimentation des bobines du disjoncteur

Le contrôleur RPH3 (module M3) est capable de mesurer lui-même la tension d'alimentation des bobines. Aucun équipement supplémentaire n'est requis, comme illustré ci-dessous :

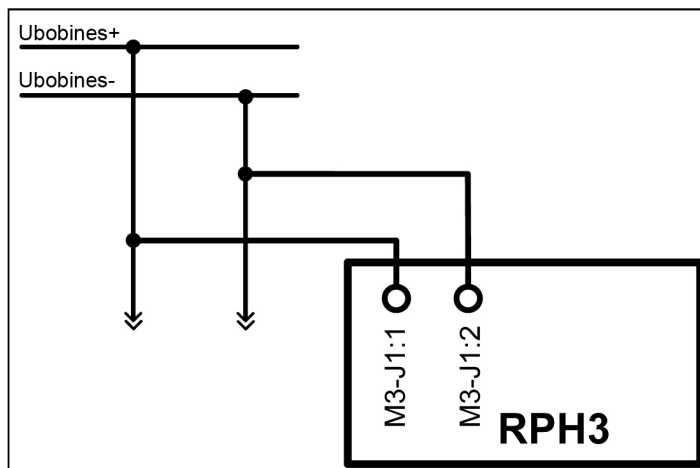


Figure 58 : Raccordement de l'interface de surveillance de la tension d'alimentation des bobines

Caractéristiques du RPH3 sur cette interface :

Caractéristiques nominales	Mini	Type	Maxi	Unité
<b>Connecteur M3-J2</b>		<i>MSTB 2,5/2-STF</i>		
impédance d'entrée	-	63	-	kΩ
amplitude de la tension d'entrée	48	-	250	V <sub>CC</sub>
consommation de puissance du RPH3 sur cette entrée	-	-	2	VA
niveau d'isolement	2000	-	-	V
erreur de mesure	-	-	3	%

### 3-5.4 Contribution de la pression hydraulique

Le temps de manœuvre du pôle d'un d'appareillage dépend directement de la quantité d'énergie disponible dans son système de commande pendant la manœuvre concernée.

Par conséquent, un mécanisme à ressort a été conçu pour les manœuvres à énergie constante (proportionnelle au carré de la charge du ressort, il s'agit d'un paramètre géométrique), alors que l'énergie disponible dans les accumulateurs à commande hydraulique peut être différente d'une manœuvre à l'autre.

Ainsi, le contrôleur RPH3 doit mesurer en continu la pression hydraulique via des capteurs externes et évaluer sa contribution à la compensation du temps de manœuvre.

#### 3-5.4-1 Loi de compensation

Pour chaque type de manœuvre (fermeture et ouverture du disjoncteur), le contrôleur RPH3 calcule  $\Delta t_{\text{pressure}}$  un temps à ajouter au temps de manœuvre nominal attendu pour le pôle d'un appareillage grâce à la formule ci-dessous :

$$\Delta t_{\text{pressure}} = \left( \frac{P_{\text{rated}}}{P_{\text{meas}}} - 1 \right) \cdot kP \cdot \text{Top}_{\text{rated}}$$

où :

- $P_{\text{rated}}$  = pression hydraulique nominale (réglage logiciel dans l'IHM web).
- $P_{\text{meas}}$  = pression hydraulique réelle, échantillonnée par le contrôleur RPH3 lors de la réception de l'impulsion de commande de manœuvre.
- $\text{Top}_{\text{rated}}$  = temps de manœuvre nominal du pôle du disjoncteur concerné, mesuré dans des conditions nominales à  $P = P_{\text{rated}}$  pendant une manœuvre du disjoncteur **de la même nature** (i.e. lors d'une manœuvre d'ouverture du disjoncteur en cas de commande ouverte, ou d'une manœuvre de fermeture dans le cas contraire).
- $kP$  = facteur de compensation en pourcentage (réglage logiciel dans l'IHM web).

The screenshot shows the 'Settings' tab of the RPH3 web interface. The 'Opening' sub-tab is active. Under the 'OPERATING TIME COMPENSATIONS' section, the 'Hydraulic drive pressure' is highlighted with a red box. It shows a 'Rated' value of 265.00 bars and a 'kP' value of 47.90. Other settings include 'Control voltage' (220.00 V) and 'kU' (15.00). The ambient temperature compensation table shows values for various temperatures from -50 °C to +50 °C.

Ambient temperature	-50 °C	-40 °C	-30 °C	-20 °C	-10 °C	0 °C	+10 °C	+20 °C	+30 °C	+40 °C	+50 °C
	4.90	4.20	3.50	2.80	1.70	0.90	0.50	0.00	-0.10	-0.40	1.20

Figure 59 : IHM web : réglages de la compensation de pression

**REMARQUE :** le facteur **kP** peut être réglé sur différentes valeurs pour les manœuvres d'ouverture et de fermeture.

Pour information, kP doit être évalué lors de la mise en service (ou des essais de type de l'appareillage) comme suit :

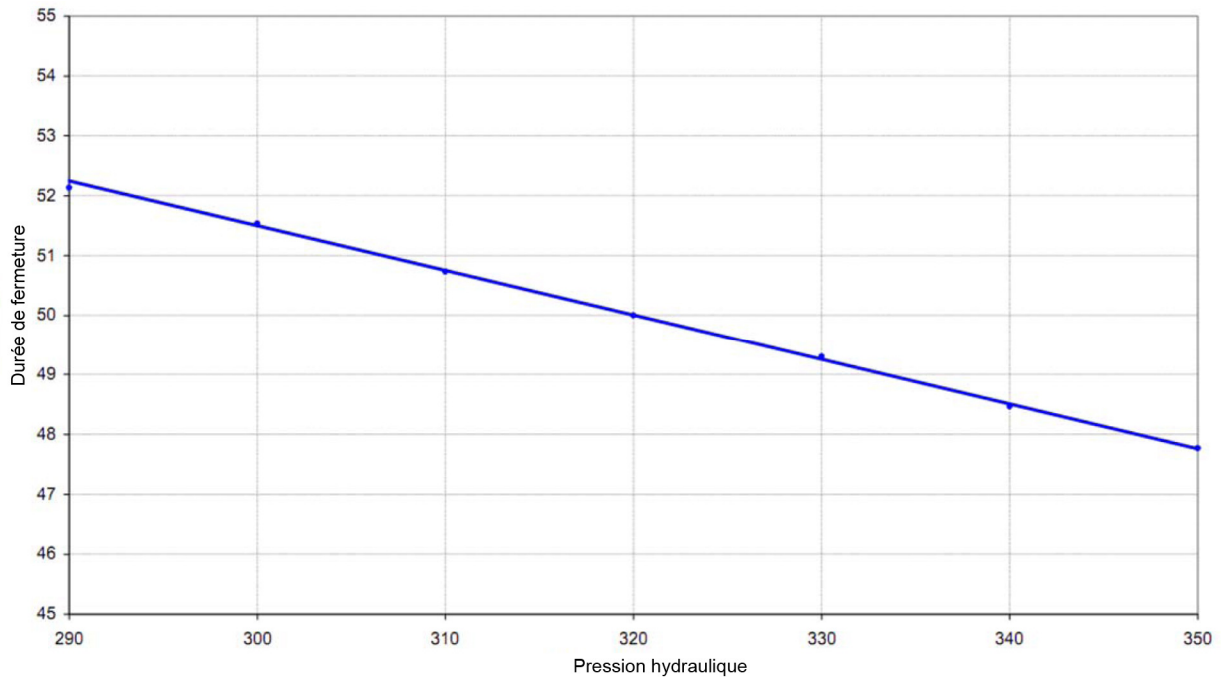
$$kP[\%] = \frac{(\mathbf{Top})_{P_{low}} - (\mathbf{Top})_{P_{rated}}}{\left(\frac{P_{rated}}{P_{low}} - 1\right) \cdot (\mathbf{Top})_{P_{rated}}} \cdot 100$$

Où :

- $\{(\mathbf{Top})_{P_{rated}}; P_{rated}\}$  est le point de manœuvre nominal du pôle concerné (pression hydraulique =  $P_{rated}$ ).
- $\{(\mathbf{Top})_{P_{low}}; P_{low}\}$  est un autre point de manœuvre du même pôle, obtenu lorsque la pression dans l'(les) accumulateur(s) hydraulique(s) concerné(s) est inférieure à  $P_{rated}$  (tous les autres paramètres étant identiques, i.e. température ambiante, tension d'alimentation des bobines, etc.).



**Exemple d'évaluation kP pour les manœuvres de fermeture : cas du disjoncteur T155-2 équipé d'une commande hydraulique**



**Figure 60 : Caractéristique de compensation de la pression hydraulique**

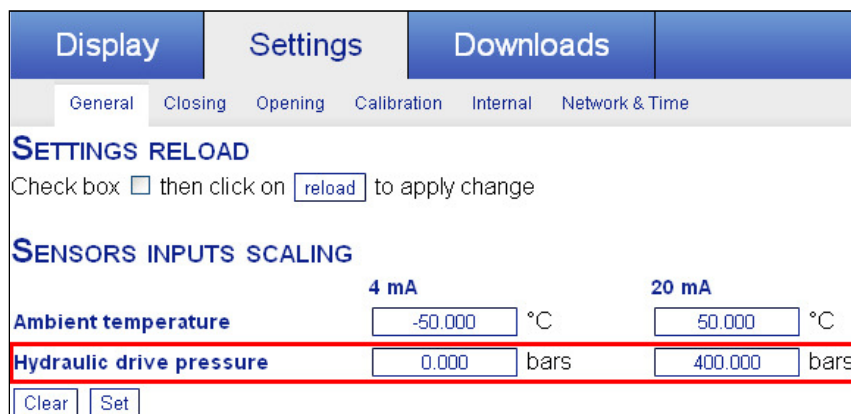
- Point de fonctionnement 1 (mesure dans les conditions nominales) :  $\{(Top)_{P_{rated}} = 47.6ms; P_{rated} = 350b\}$
- Point de fonctionnement 2 (conditions nominales + pression basse) :  $\{(Top)_{P_{low}} = 53.1ms; P_{low} = 280b\}$

→ Facteur de compensation de pression :

$$kP = \frac{53.1 - 47.6}{\left(\frac{350}{280} - 1\right) \cdot 47.6} = 46.2\%$$

3-5.4-2 Echantillonnage de la pression hydraulique

Tous les types de capteurs de pression peuvent être installés, à condition que leurs interfaces avec le RPH3 soit un signal analogique standard [4...20 mA] (+24 V). Les facteurs d'échelle doivent être ajustés via l'IHM web :



**Figure 61 : IHM web : ajustement des facteurs d'échelle du capteur de pression hydraulique (niveau d'accès ≥ Superviseur)**

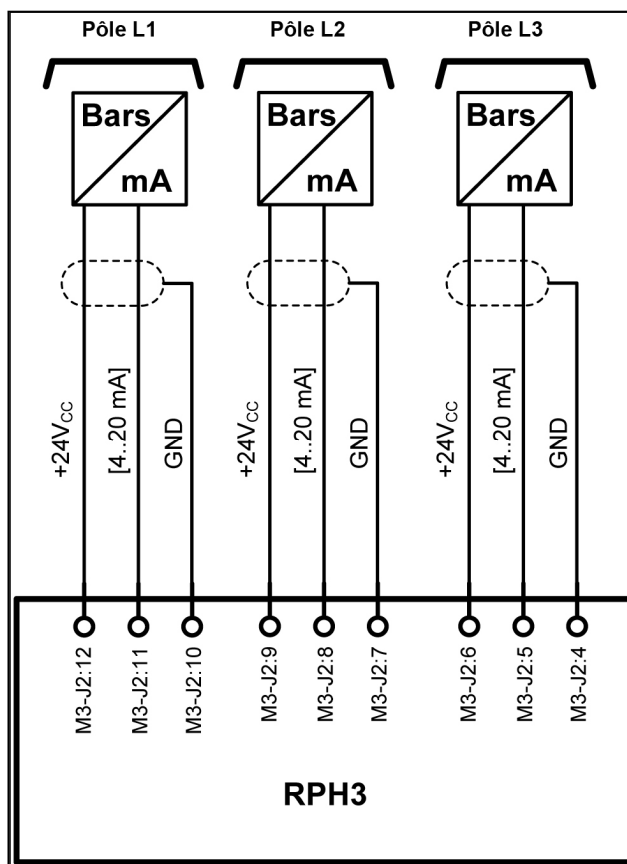


Figure 62 : Raccordement des capteurs de pression hydraulique

Caractéristiques du RPH3 sur cette interface :

Caractéristiques nominales	Mini	Type	Maxi	Unité
<b>Connecteur M3-J2</b>		<i>MC 1,5/12-STF-3.5</i>		
impédance d'entrée (broches 5:4, broches 8:7, broches 11:10)	99	100	101	Ω
impédance d'entrée (broches 6:4, broches 9:7, broches 12:10)	16	-	-	kΩ
tension d'alimentation des capteurs	-	24	-	V <sub>CC</sub>
courant d'entrée (fourni par chaque capteur)	-	[4...20]	-	mA
puissance de sortie (fournie à chaque capteur)	-	-	2	VA
erreur de mesure	-	-	3	%

### 3-5.5 Contribution du temps d'inactivité de l'appareillage

Une compensation spécifique doit être activée (réglage logiciel dans l'IHM web) si l'appareillage n'est pas souvent manœuvré. Le temps d'inactivité d'un disjoncteur a une influence considérable sur ses temps de manœuvre, notamment en cas de pilotage par un mécanisme hydraulique.

#### 3-5.5-1 Loi de compensation

Telle qu'elle est assurée par le contrôleur RPH3, la compensation de la contribution du temps d'inactivité aux temps de manœuvre de l'appareillage est basée sur les conclusions techniques Cigré, conformément à la formule ci-dessous  $\Delta t_{idle}$  sous la forme du temps à ajouter au temps de manœuvre nominal attendu pour un pôle de l'appareillage :

$$\Delta t_{idle} = A \cdot \left( 1 - e^{-\frac{T_{idle}}{B}} \right)$$

Où :

- **A** et **B** = paramètres entiers à définir par le logiciel via l'IHM web (par défaut A = 2 ms et B = 10 jours). Les valeurs précises des paramètres A et B doivent être mesurées lors des essais de type de l'appareillage par le fabricant.
- $T_{idle}$  = temps (en jours) écoulé depuis la dernière manœuvre de l'appareillage.

The screenshot shows the 'Settings' tab of the IHM web interface. Under the 'Operating Time Compensations' section, the 'Coefficient A' is set to 2.0 ms and the 'Coefficient B' is set to 10.0 days. Other settings include ambient temperature (ranging from -50 °C to +20 °C), control voltage (220.00 V), and hydraulic drive pressure (265.00 bars).

Figure 63 : IHM web : réglages de la compensation du temps d'inactivité

T155-2CB avec commande hydraulique

Influence du temps d'inactivité à la tension nominale 129 Vcc et la pression nominale 340 bars

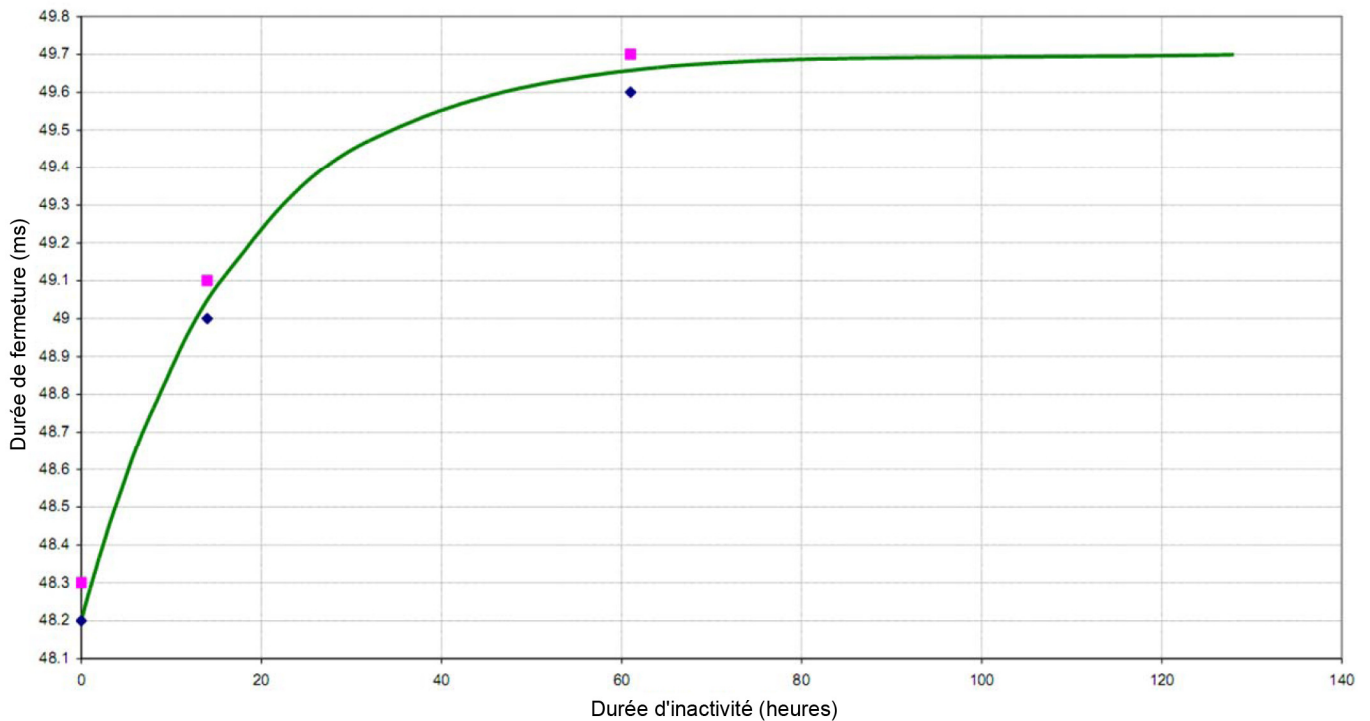


Figure 64 : Caractéristique de la loi de compensation du temps d'inactivité

**NOTE :** les facteurs de pondération **A** et **B** peuvent être réglés sur différentes valeurs pour les manœuvres d'ouverture et de fermeture.

3-5.5-2 [Mesure du temps d'inactivité de l'appareillage](#)

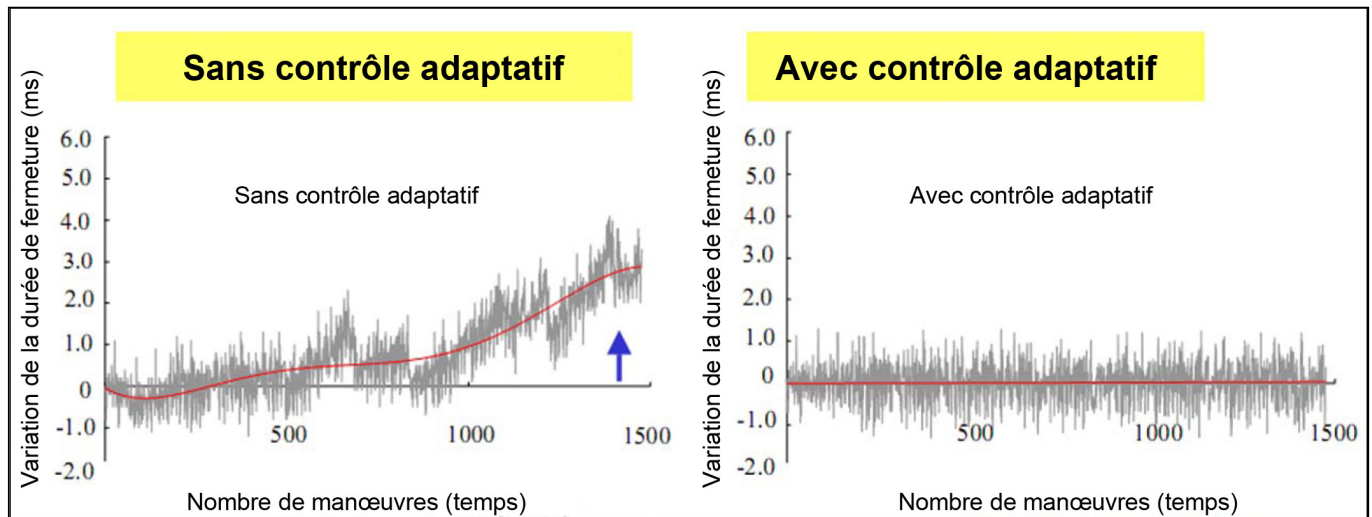
Le temps d'inactivité  $T_{idle}$  de l'appareillage est mesuré par le contrôleur RPH3 lui-même sous forme de temps (en jours) écoulé depuis la dernière manœuvre de l'appareillage. Il est réinitialisé à chaque manœuvre de l'appareillage, quel que soit le type de manœuvre (ouverture ou fermeture).

### 3-5.6 Contribution de tous les autres facteurs : contrôle adaptatif

A long terme, le temps de manœuvre du pôle d'un appareillage donné peut toujours varier d'une manœuvre à l'autre, même si les principales conditions environnementales sont constantes (température ambiante, pression hydraulique, etc.)

L'écart résiduel peut être dû à plusieurs autres facteurs qui ne peuvent pas être évalués avec précision (vieillesse, efforts électro-dynamiques, etc.). Toutefois, la combinaison de ces facteurs peut considérablement affecter le temps de manœuvre du pôle, et introduire un délai entre le temps de manœuvre attendu (**prévu** AVANT la manœuvre) et le temps réel (**mesuré** APRES la manœuvre).

Par conséquent, le contrôleur RPH3 intègre une fonctionnalité spécifique permettant de compenser ce délai supplémentaire (i.e. diminution de cet écart après quelques manœuvres) : cette fonctionnalité est appelée « contrôle adaptatif ».



Source de données : Mitsubishi

#### 3-5.6-1 Loi de compensation

La contribution adaptative d'un pôle donné pour une manœuvre donnée (N) est définie comme la fraction du décalage entre le temps de manœuvre prévu pendant la dernière manœuvre similaire (N-1) et le temps réel (mesuré par le contrôleur RPH3).

La contribution adaptative pour le nombre de manœuvres N est calculé comme suit :

$$\Delta t_{\text{adapt } N} = K \cdot (t_{\text{mesuré } N-1} - t_{\text{commissioning}} - \Delta t_{\text{compensations } N-1}) + (1 - K) \cdot \Delta t_{\text{adapt } N-1}$$

où :

- $\kappa$  = facteur de pondération. Il doit être choisi dans la plage [0,0; 0,5] pour accélérer ou ralentir la boucle de contrôle adaptatif : si la valeur s'approche de 0,5, le nombre de manœuvres requises pour la contribution adaptative à compenser est réduit (et la précision est diminuée). Si la valeur est proche de 0, le nombre de manœuvres requises augmente, mais l'algorithme est plus précis.  $K = 0,3$  est le réglage par défaut recommandé par Alstom.

- $t_{\text{measured } N-1}$  = temps de manœuvre du pôle concerné, mesuré par le RPH3 après la dernière manœuvre similaire (i.e. ouverture ou fermeture).
- $t_{\text{comissioning}}$  = temps de manœuvre nominal du pôle concerné, mesuré avec un équipement séparé lors de la mise en service de l'appareillage sur site.
- $\Delta t_{\text{compensations } N-1}$  = somme des compensations calculée sur le pôle concerné par le contrôleur RPH3 lors de la dernière manœuvre similaire : inclut toutes les compensations (température ambiante, pression hydraulique, temps d'inactivité et tension d'alimentation des bobines) calculées sur la précédente manœuvre similaire du disjoncteur (N-1).

The screenshot shows the 'Settings' tab of the RPH3 web interface. The 'Operating Time Compensations' section is active, displaying various parameters for adjustment. The 'Adaptive' parameter 'k' is highlighted with a red box and set to 0.3. Other parameters include Ambient temperature (0.00 for all values), Control voltage (220.00 V), Hydraulic drive pressure (350.00 bars), Idle (2.0 ms), Maximum instantaneous total (10.00 ms), and Maximum adaptive (10.00 ms). The 'Adaptive' section also includes a 'k' parameter set to 0.3 and a 'Maximum adaptive' parameter set to 10.00 ms.

Figure 66 : IHM web : réglage du facteur de pondération du contrôle adaptatif

**REMARQUE :** le facteur de pondération K du contrôle adaptatif est unique pour les manœuvres de fermeture et d'ouverture.

### 3-6 Bridage des compensations

Plusieurs raisons peuvent entraîner la modification brusque du temps de manœuvre d'un pôle donné du disjoncteur d'une manœuvre à la suivante (maintenance, essais, perturbations imprévues, etc.).

Dans ce cas, le contrôleur RPH3 doit déclencher des alarmes (se reporter à la section 0, page 71). Toutefois, ces situations peuvent également « corrompre » les compensations de temps et la fonctionnalité de contrôle adaptatif, car elles génèrent une grande différence entre le temps de manœuvre attendu (prévu) et réel (mesuré après la manœuvre).

Pour éviter que les valeurs élevées de  $\Delta t_{\text{compensations}}$  et  $\Delta t_{\text{adapt}}$  « surdimensionnement » artificiellement la prévision du temps de manœuvre dans la manœuvre suivante du disjoncteur, le RPH3 utilise une fonction de « bridage », qui limite ces décalages aux valeurs maximales absolues (en ms), pouvant être réglées par un réglage logiciel via l'IHM web :

The screenshot shows the 'Settings' tab of the RPH3 web interface. Under the 'OPERATING TIME COMPENSATIONS' section, there are several configuration fields. Two fields are highlighted with red boxes and callouts:

- Maximum instantaneous total (±)**: Set to 10.00 ms. A callout box points to this field with the text "Seuil de bridage pour  $\Delta t_{\text{compensations}}$ ".
- Maximum adaptive (±)**: Set to 10.00 ms. A callout box points to this field with the text "Seuil de bridage pour  $\Delta t_{\text{adapt}}$ ".

Figure 67 : IHM web : réglage des compensations et fonctionnalité de bridage du contrôle adaptatif

**REMARQUE 1 :** les deux seuils de « bridage » sont définis comme des valeurs absolues, de sorte que le signe de  $\Delta t_{\text{compensations}}$  et  $\Delta t_{\text{adapt}}$  soit respecté par les fonctions de bridage.

**REMARQUE 2 :** les seuils de « bridage » sont définis une fois pour les manœuvres d'ouverture et de fermeture. Il est impossible d'appliquer aux manœuvres de fermeture une valeur de seuil différente de celle des manœuvres d'ouverture.

### 3-7 Alarmes, données en temps réel, et enregistrements de commutation

Le contrôleur RPH3 fournit à l'utilisateur des informations utiles sur son état (auto-diagnostic), l'état de l'appareillage et l'historique de l'application (enregistrements de commutation).

Ces données sont accessibles en « temps réel » (par ex. mesures rafraîchies périodiquement et état courant des alarmes) ou par « événement daté » (par ex. enregistrements de commutation, historique des alarmes).

L'IHM web du RPH3 (logiciel intégré) permet d'accéder aux données en temps réel (incluant l'état courant de toutes les alarmes) ainsi qu'aux données associées à la tentative de manœuvre de commutation PoW la plus récente (mémoire non volatile).

Display	Settings	Downloads	refresh rate		
Status	Sensor data	Input signalling	Last closing results	Last opening results	
			No	3s	20s
<b>SENSOR DATA</b>					
ov	0.0000 V	+15V	15.0425 V		
Control voltage	0.0 V		L1	L2	L3
		Hydraulic drive pressure	-97.41 bars	-97.41 bars	-97.41 bars
RMS Reference Voltage	L1	Frequency	RMS Current	L1	L2
Primary	0.026 kV	84.56 Hz	Primary	2.777 A	1.744 A
Secondary	0.006 V	-	Secondary	0.001 A	0.000 A
RMS Voltage Line	L1	L2	L3		
Primary	0.033 kV	0.024 kV	0.083 kV		
Secondary	0.007 V	0.005 V	0.019 V		

Figure 68 : Accès aux données en temps réel (IHM web)

CLOSING CHANNEL			
Operation aborted			
Counter	0	Last	Thu Jan 1 00:00:00 1970
Alarms	No Error		
Operation launched			
Counter	0	Last	Thu Jan 1 00:00:00 1970
Alarms	No Error		
Commands programmed	L1	L2	L3
Commands sent	0	0	0
Start	0 µs	End	0 µs
Processing signal	0 µs		
Zero crossing index	0.000	Measured Frequency	0.000 Hz
Zero crossing frequency	0.000 Hz	Targeted zero crossing	0 µs
Operation			
Switching	L1	L2	L3
	Done	Done	Done
Processing	L1	L2	L3
	Ready for next operation	Ready for next operation	Ready for next operation
Tripolar order	0 µs		
Expected commands sent	L1	L2	L3
Commands sent	0 µs	0 µs	0 µs
Mosfets stage 1 command	0 µs	0 µs	0 µs
Mosfets stage 2 enable	0 µs	0 µs	0 µs
Auxiliary contact	0 µs	0 µs	0 µs
Current detection	0 µs	0 µs	0 µs
Switching Detection	0 µs	0 µs	0 µs

Figure 69 : Accès aux dernières données de commutation PoW (IHM web)



### 3-7.1 Données en temps réel

Les données suivantes sont accessibles en temps réel via l'IHM web du RPH3 :

Données des capteurs		unité
Mesure de la tension d'alimentation des bobines (CC)		V
Pression de commande hydraulique (1 mesure/phase)		Bars
Température ambiante		°C
Identification de la phase de référence (L1, L2 ou L3)		-
Mesure de la tension de référence au niveau de l'enroulement secondaire du TP (valeur efficace)		V
Tension de référence au niveau de l'enroulement primaire du TP (valeur efficace, évaluée à partir de la mesure du secondaire du TP)		kV
Mesure de la fréquence de la tension de référence au niveau de l'enroulement secondaire du TP		Hz
Mesure du courant à travers l'enroulement secondaire du TC (valeur efficace, 1 mesure / phase)		A
Courant HT circulant à travers l'enroulement primaire du TC (valeur efficace, 1 évaluation / phase à partir de la mesure au niveau du secondaire du TC)		kA
Signalisation des entrées & réglages principaux		valeurs possibles
Programme de commutation à appliquer lors de la prochaine manœuvre du disjoncteur		TRANSFORMATEUR, REACTANCE, CONDENSATEUR, PROGRAMME UTILISATEUR
Décalages angulaires associés aux manœuvres de fermeture du disjoncteur		° (angulaire)
Décalages angulaires associés aux manœuvres d'ouverture du disjoncteur		° (angulaire)
Etat du mode neutre du réseau, détecté par le matériel RPH3 (fil de liaison) ou défini par le réglage logiciel de l'IHM		INCONNU, A LA TERRE, ISOLE
Stratégie préférée pour la mesure du temps de manœuvre		COURANT HT, CONTACTS AUX.
Liste des contributions activées pour les temps de manœuvre de l'appareillage		TEMPERATURE AMBIANTE, TENSION DE COMMANDE, PRESSION DE COMMANDE HYDRAULIQUE, TEMPS D'INACTIVITE DU DISJONCTEUR, CONTROLE ADAPTATIF
Etat des contacts auxiliaires de l'appareillage ( 1 contact aux. / pôle du disjoncteur)		OUVERT, FERMÉ, INCONNU
Etat global		valeurs possibles
Version du firmware		TCR VX.YY, LIGNE VX.YY
Dernier résultat de commutation (DEL rouge « 2 – Etat de commutation »)		OK, ALARME
Relais d'alarme « Tout-ou-rien » (relais monostable)		OK, ALARME
Relais d'alarme « bascule » (bi-stable) #1		OK, ALARME
Relais d'alarme « bascule » (bi-stable) #2		OK, ALARME
Relais d'alarme « bascule » (bi-stable) #3		OK, ALARME
Relais d'alarme « bascule » (bi-stable) #4		OK, ALARME
Alarme système (DEL rouge « 3 – Alarme système »)		OK, ALARME
Alarme d'application (DEL rouge « 4 – Alarme d'application »)		OK, ALARME

Détails des alarmes du système	valeurs possibles
Date	FIABLE, NON FIABLE
Etat d'étalonnage U/I	OK, NON EFFECTUE
Chargement des paramètres	OK, NOK
Validité des paramètres	OK, NOK
Etat de la voie de sortie de fermeture du RPH3 (auto-test interne)	OK, NOK
Etat de la voie de sortie d'ouverture du RPH3 (auto-test interne)	OK, NOK
Contrôle interne (auto-test)	OK, ERREUR
Etat des entrées des capteurs analogiques (4-20 mA)	OK, AU MOINS UN NE FONCTIONNE PAS
Détails des alarmes d'application	valeurs possibles
Tension de référence	OK, FREQUENCE HORS PLAGE, AMPLITUDE HORS PLAGE
Valeur de crête du courant HT (mesuré lors de la dernière manœuvre de commutation)	OK, HORS PLAGE UTILISATEUR
Mode neutre du réseau détecté par le matériel RPH3 (fil de liaison) ou défini par le réglage logiciel de l'IHM	INCONNU, A LA TERRE, ISOLE
Comportement de l'application (résultats de l'auto-test de l'algorithme interne)	OK, ETAPE ALGO X ALARME
Temps de fermeture de l'appareillage (mesuré sur chaque pôle du disjoncteur lors de la dernière manœuvre de fermeture : se reporter à la section 0, page 42) <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <math>\text{Min} \leq T_{OP\_measured} \leq \text{Max} ?</math></li> <li>✓ <math>\Delta T_{OP} \leq \text{tolérance} ?</math></li> </ul>	OK, ALARME
Temps d'ouverture de l'appareillage (mesuré sur chaque pôle du disjoncteur lors de la dernière manœuvre d'ouverture : se reporter à la section 0, page 42) <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <math>\text{Min} \leq T_{OP\_measured} \leq \text{Max} ?</math></li> <li>✓ <math>\Delta T_{OP} \leq \text{tolérance} ?</math></li> </ul>	OK, ALARME
Bridage de la compensation du temps de manœuvre (se reporter à la section 0, page 70) : <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <math>\text{Min} &lt; \Delta t_{\text{compensations}} &lt; \text{Max} ?</math></li> <li>✓ <math>\text{Min} &lt; \Delta t_{\text{adapt}} &lt; \text{Max} ?</math></li> </ul>	OK, COMPENSATION HORS PLAGE, CONTROLE ADAPTATIF HORS PLAGE
Tension de commande (tension CC d'alimentation des bobines, valeur instantanée mesurée) <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <math>\text{Min} &lt; U_{\text{meas}} &lt; \text{Max} ?</math></li> </ul>	OK, HORS PLAGE UTILISATEUR
Température ambiante (valeur instantanée mesurée) <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <math>\text{Min} &lt; \text{Température ambiante} &lt; \text{Max} ?</math></li> </ul>	OK, HORS PLAGE UTILISATEUR
Pression de commande hydraulique (valeurs instantanées mesurées dans chaque commande hydraulique) <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <math>\text{Min} &lt; P_{\text{meas}} (L1) &lt; \text{Max} ?</math></li> <li>✓ <math>\text{Min} &lt; P_{\text{meas}} (L2) &lt; \text{Max} ?</math></li> <li>✓ <math>\text{Min} &lt; P_{\text{meas}} (L3) &lt; \text{Max} ?</math></li> </ul>	OK, HORS PLAGE UTILISATEUR

Détails des alarmes d'auto-test	valeurs possibles
Auto-diagnostic de la capacité du RPH3 à fermer chaque pôle du disjoncteur (résultat de test)	OK, ECHEC
Auto-diagnostic de la capacité du RPH3 à ouvrir chaque pôle du disjoncteur (résultat de test)	OK, ECHEC
Résultat de l'auto-diagnostic d'activation de la fermeture du disjoncteur (pour chaque pôle)	OK, ECHEC
Résultat de l'auto-diagnostic d'activation de l'ouverture du disjoncteur (pour chaque pôle)	OK, ECHEC
Résultat du test de continuité des bobines de fermeture du disjoncteur (pour chaque pôle)	OK, Discontinuité
Résultat du test de continuité des bobines d'ouverture du disjoncteur (pour chaque pôle)	OK, Discontinuité

**REMARQUE 1 :** la vitesse de rafraîchissement des données peut être ajustée via l'IHM web comme suit :

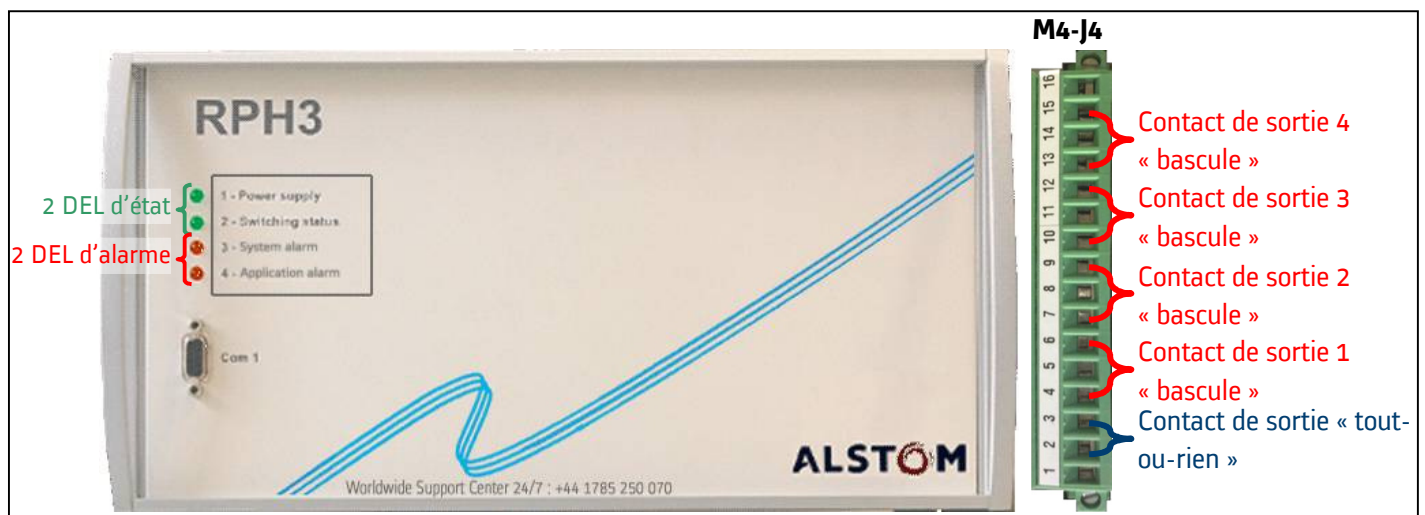
- 0 (pas de rafraîchissement),
- 3 secondes,
- ou 20 secondes

**REMARQUE 2 :** pour l'installation, la mise en service, la maintenance et l'étalonnage en usine, l'IHM web du RPH3 propose des niveaux supplémentaires, permettant d'accéder aux autres données en temps réel (pour les utilisateurs avancés uniquement).

### 3-7.2 Signalisation des alarmes

Le contrôleur RPH3 inclut 2 indicateurs visuels (DEL rouges sur sa façade) et 5 contacts de sortie de relais dédiés à la signalisation des alarmes (i.e. avertir l'utilisateur si le contrôleur RPH3 déclenche des alarmes).

Sa façade comporte également 2 DEL d'état vertes supplémentaires (allumées lorsqu'une manœuvre normale est en cours).



**Figure 70 : DEL en façade et contacts de sortie de relais**

Le terme « alarme » est utilisé pour un signal qui peut être activé par le contrôleur RPH3 si  $\geq 1$  condition(s) est(sont) remplie(s) à un instant donné. Le cycle de traitement du RPH3 pour les alarmes déclençables et le suivant :

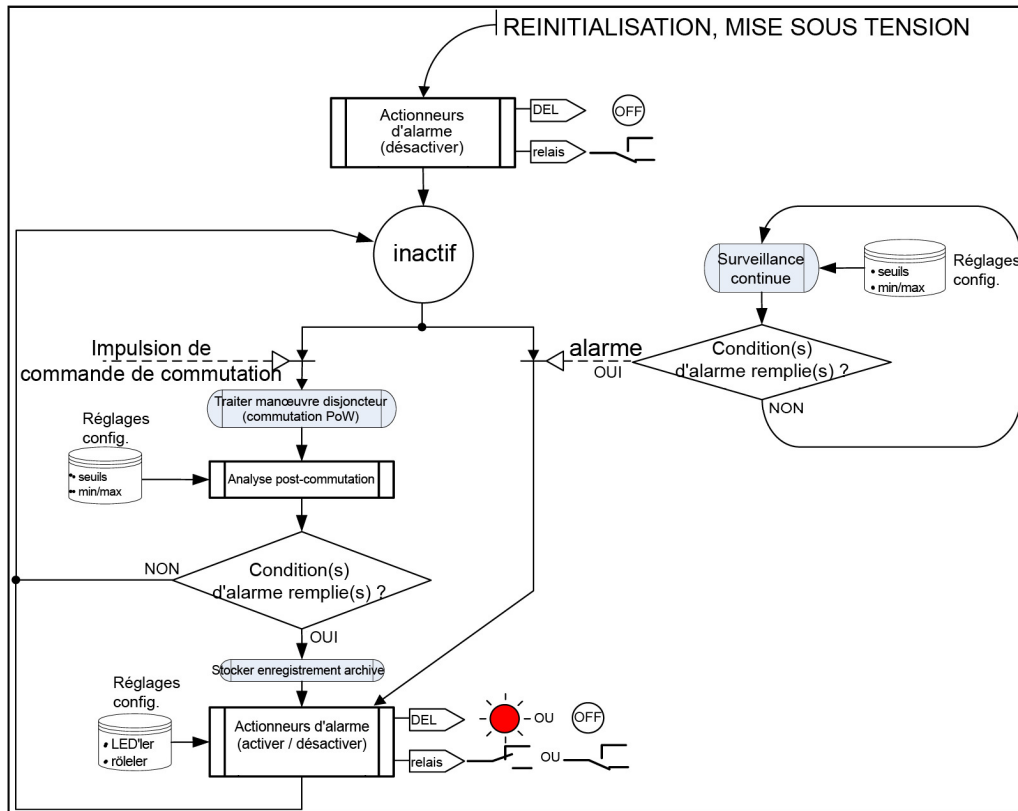


Figure 71 : Cycle de traitement des alarmes

3-7.2-1 [DEL d'état verte : « 1 - Alimentation »](#)

Cet indicateur visuel est associé à une fonctionnalité de surveillance continue de l'alimentation du RPH3 : il est activé et reste allumé tant que la puissance disponible sur les bornes M1-J1 est suffisante pour un fonctionnement normal, (voir Figure 83, page 92). Elle est désactivée si la puissance disponible est hors plage (cette plage dépend de la variante RPH3 considérée : se reporter à la section 3-10, page 91).

3-7.2-2 [DEL d'état verte : « 2 – Etat de commutation »](#)

Cet indicateur visuel est désactivé si aucune manœuvre PoW de l'appareillage n'est en cours. Elle est activée lorsqu'une manœuvre de commutation PoW est traitée par le contrôleur RPH3, et reste allumée pendant ~4 secondes (jusqu'à la fin du processus d'enregistrement des signaux : se reporter à la section 3-7.3 page 82 pour plus d'explications).

**AVERTISSEMENT :** ce voyant n'est **PAS** une alarme. Son état (allumé ou éteint) ne signale pas un problème pendant la dernière manœuvre de commutation PoW. Il est considéré comme une DEL « d'activité » indiquant qu'une manœuvre de commutation PoW est en cours de traitement par le contrôleur RPH3.

3-7.2-3 DEL d'alarme rouge : « 3 – Alarme système »

Cet indicateur visuel est associé au groupe d'alarmes « système » : il est allumé dès que  $\geq 1$  des conditions ci-dessous est remplie (voir Tableau 4), et reste automatiquement allumé jusqu'à ce plus aucune de ces conditions ne soit remplie (fonction OU logique entre les conditions d'alarme) :

<b>Conditions de déclenchement des alarmes système</b>	
<b>Désignation</b>	<b>Description</b>
Date	La date courante n'a pas été correctement définie : utiliser l'IHM web pour la régler.
Etalonnage U/I	Un problème a été détecté dans l'étalonnage du courant et de la tension internes effectué par l'usine lors du processus de fabrication du RPH3. Contacter Alstom.
Chargement des paramètres	Un problème a été détecté lors du processus de chargement des réglages logiciels. Redémarrer le contrôleur RPH3. Si l'alarme est toujours activée, contacter Alstom.
Validité des paramètres	Un problème a été détecté entre les réglages logiciels. Redémarrer le contrôleur RPH3. Si l'alarme est toujours activée, contacter Alstom.
Ouverture de la voie de sortie	Un problème a été détecté par la fonctionnalité de surveillance continue de la voie de commande d'ouverture de l'appareillage : discontinuité dans le circuit d'ouverture du disjoncteur externe ou problème interne du RPH3 avec les transistors de commutation MOSFET. Vérifier la continuité du circuit surveillé, déconnecter les équipements supplémentaires de surveillance de continuité puis redémarrer le contrôleur RPH3. Si cette alarme est toujours allumée, vérifier que le réglage logiciel « schéma de câblage des bobines » est correctement défini en accord avec les connexions câblées réelles entre le connecteur M4-J2 du RPH3 et les bobines d'ouverture de l'appareillage (schéma « mode commun » ou « mode différentiel »).
Fermeture de la voie de sortie	Un problème a été détecté par la fonctionnalité de surveillance continue de la voie de commande de fermeture de l'appareillage : discontinuité dans le circuit de fermeture du disjoncteur externe ou problème interne du RPH3 avec les transistors de commutation MOSFET. Vérifier la continuité du circuit surveillé, déconnecter les équipements supplémentaires de surveillance de continuité puis redémarrer le contrôleur RPH3. Si cette alarme est toujours allumée, vérifier que le réglage logiciel « schéma de câblage des bobines » est correctement défini en accord avec les connexions câblées réelles entre le connecteur M4-J2 du RPH3 et les bobines d'ouverture de l'appareillage (schéma « mode commun » ou « mode différentiel »).
Auto-test interne RPH3	Une défaillance interne a été détectée. Redémarrer le contrôleur RPH3. Si l'alarme est toujours activée, contacter Alstom.
Capteurs analogiques	Un problème a été détecté sur l'interface câblée du contrôleur RPH3 avec $\geq 1$ capteur(s) analogique(s). Vérifier les raccordements avec tous les capteurs externes (sonde de température, TC, TP, capteurs de pression hydraulique 4-20 mA, ...) puis redémarrer le contrôleur RPH3. Si cette alarme est toujours allumée, vérifier les réglages du RPH3 relatifs à ces capteurs (vérifier que la compensation de température est désactivée si aucune sonde de température n'est connectée, etc.)

**Tableau 4 : Conditions de la DEL d'alarme « 3 - Alarme système »**

**REMARQUE :** les alarmes système ne peuvent pas être « effacées » ou « acquittées » manuellement. La seule méthode pour éteindre ce voyant consiste à identifier l'origine de cette alarme et à résoudre le problème associé.

3-7.2-4 DEL d'alarme rouge : « 4 – Alarme d'application »

Cet indicateur visuel est associé au groupe d'alarmes « d'application » : il est activé dès que  $\geq 1$  des conditions ci-dessous est remplie (voir Tableau 5), et reste automatiquement allumé jusqu'à ce que plus aucune de ces conditions ne soit remplie (fonction OU logique entre les conditions d'alarme) :

<b>Conditions de déclenchement des alarmes d'application</b>	
<b>Désignation</b>	<b>Description</b>
Tension de référence	La tension de référence a été mesurée en-dehors de la plage par le contrôleur RPH3 (en fréquence ou en amplitude) pour une durée > 200 ms. Contrôler la forme d'onde de la tension de référence.
Courant de ligne	Le courant de ligne HT a été mesuré en-dehors de la plage par le contrôleur RPH3 (en phase ou en amplitude). Vérifier le raccordement des TC de mesure du courant. Si aucun TC ne doit être connecté au RPH3 (mesure du temps de manœuvre via les contacts auxiliaires de l'appareillage au lieu de la mesure du courant de ligne), désactiver l'option de surveillance du courant (voir Figure 33 page 44) puis réessayer de manœuvrer l'appareillage. Sinon, ajuster la plage autorisée pour le courant de ligne via l'IHM web (réglages du TC de mesure : se reporter à la Figure 43 page 51). Si l'alarme est toujours allumée, contacter Alstom pour contrôler l'étalonnage U/I.
Neutre réseau	Le neutre réseau, détecté par le contrôleur RPH3 grâce à un fil de liaison sur le connecteur M4-J5, ne correspond pas à la configuration attendue (par ex. il a été détecté comme mis à la terre ou indéfini alors qu'il devait être isolé). Vérifier que le fil de liaison est correctement raccordé sur le connecteur M4-J5 et est adapté au mode neutre de l'application finale.
Comportement de l'application	L'algorithme de l'application principale interne du RPH3 présente une défaillance. Redémarrer le contrôleur RPH3. Si cette alarme est toujours activée, contacter Alstom.
Dernière manœuvre de fermeture de l'appareillage	Le temps de fermeture de l'appareillage a été mesuré en-dehors de la plage sur $\geq 1$ pôle(s) du disjoncteur lors de la dernière manœuvre de fermeture : <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Soit <math>Max &lt; T_{OP\_measured}</math></li> <li>✓ Ou <math>T_{OP\_measured} &lt; Min</math></li> <li>✓ Ou <math>\Delta T_{OP} &gt; tolérance</math></li> </ul> se reporter à la section 0 (page 42) pour plus de détails sur $T_{OP\_measured}$ et $\Delta T_{OP}$ . Si nécessaire, ajuster les réglages associés via l'IHM web (min, max, tolérance) puis réessayer de manœuvrer l'appareillage afin d'effacer cette alarme.
Dernière manœuvre d'ouverture de l'appareillage	Le temps d'ouverture de l'appareillage a été mesuré en-dehors de la plage sur $\geq 1$ pôle(s) du disjoncteur lors de la dernière manœuvre d'ouverture : <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Soit <math>Max &lt; T_{OP\_measured}</math></li> <li>✓ Ou <math>T_{OP\_measured} &gt; Max</math></li> <li>✓ Ou <math>\Delta T_{OP} &gt; tolérance</math></li> </ul> Se reporter à la section 0 (page 42) pour plus de détails sur $T_{OP\_measured}$ et $\Delta T_{OP}$ . Si nécessaire, ajuster les réglages associés via l'IHM web (min, max, tolérance) puis réessayer de manœuvrer l'appareillage afin d'effacer cette alarme.
Compensations des temps de manœuvre de l'appareillage	$\geq 1$ de la contribution de la compensation du temps de manœuvre de l'appareillage a été mesuré en-dehors de la plage (et bridé) : <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <math>Max &lt; \Delta t_{compensations}</math></li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ou <math>\Delta t_{\text{compensations}} &lt; \text{Min}</math></li> <li>✓ Ou <math>\text{Max} &lt; \Delta t_{\text{adapt}}</math></li> <li>✓ Ou <math>\Delta t_{\text{adapt}} &lt; \text{Min}</math></li> </ul> <p>Se reporter à la section 0, page 70, pour de plus amples détails sur <math>\Delta t_{\text{compensations}}</math> et <math>\Delta t_{\text{adapt}}</math>.</p> <p>Vérifier que les contributions de compensation activées sont effectivement nécessaires, et vérifier les seuils Min et Max associés (les ajuster si nécessaire), puis vérifier que tous les capteurs associés sont correctement raccordés (TC, contacts auxiliaires du disjoncteur, capteurs de pression hydraulique, sonde de température ambiante, etc.). Essayer ensuite à nouveau de manœuvrer l'appareillage.</p> <p>Si cette alarme est toujours activée, remettre à zéro les temps adaptatifs via l'IHM web (niveau d'accès &gt; Utilisateur) puis réessayer de manœuvrer le disjoncteur. Si cette alarme n'est pas effacée de cette manière, contacter Alstom.</p>
Tension de commande	<p>La tension de commande (tension CC d'alimentation des bobines, valeur instantanée mesurée) a été mesurée hors plage :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Soit <math>\text{Max} &lt; U_{\text{meas}}</math></li> <li>✓ Ou <math>U_{\text{meas}} &lt; \text{Min}</math></li> </ul> <p>Vérifier que la tension d'alimentation CC des bobines est présente sur les <b>DEUX</b> connecteurs du RPH3 M3-J1 <b>ET</b> M4-J1.</p>
Température ambiante	<p>La température ambiante a été mesurée en-dehors de la plage spécifiée :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Soit <math>\text{Max} &lt; \text{Température ambiante}</math></li> <li>✓ Soit <math>\text{Température ambiante} &lt; \text{Min}</math></li> </ul> <p>Vérifier le raccordement de la sonde de température et, si nécessaire, ajuster les seuils Min et Max via l'IHM web.</p>
Pression de commande hydraulique	<p>La pression hydraulique dans <math>\geq 1</math> mécanisme(s) de commande de pôle a été mesurée en-dehors de la plage spécifiée (valeur instantanée) :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <math>\text{Max} &lt; P_{\text{meas}} (L1)</math></li> <li>✓ Ou <math>P_{\text{meas}} (L1) &lt; \text{Min}</math></li> <li>✓ Ou <math>\text{Max} &lt; P_{\text{meas}} (L2)</math></li> <li>✓ Ou <math>P_{\text{meas}} (L2) &lt; \text{Min}</math></li> <li>✓ Ou <math>\text{Max} &lt; P_{\text{meas}} (L3)</math></li> <li>✓ Ou <math>P_{\text{meas}} (L3) &lt; \text{Min}</math></li> </ul> <p>Vérifier la pression réelle dans chaque mécanisme de commande de pôle et, si nécessaire, ajuster les seuils d'alarme Min et Max associés.</p>

**Tableau 5 : Conditions de la DEL d'alarme « 4 - Alarme d'application »**

**REMARQUE :** les alarmes d'application ne peuvent pas être « effacées » ou « acquittées » manuellement. La seule méthode pour éteindre ce voyant consiste à identifier l'origine de cette alarme et à résoudre le problème associé.

3-7.2-5 Contacts de sortie d'alarme de relais (x 5)

Différentes conditions d'alarme peuvent être affectées à chacun des 5 contacts de sortie de relais du contrôleur RPH3 (connecteur M4-J4).

Cette affectation doit être définie via l'IHM web, comme illustré sur la Figure 72 ci-dessous :

Display		Settings		Downloads			
General		Closing		Opening		Network & Time	
<b>SYSTEM ALARMS ASSIGNMENT</b>							
		Mon.	Bist1	Bist2	Bist3	Bist4	
Date	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
U/I Calibration	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Parameters loading	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Parameters validity	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Opening output channel	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Closing output channel	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Internal control	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Analogue sensor inputs	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input type="button" value="Clear"/>		<input type="button" value="Set"/>					
<b>APPLICATION ALARMS ASSIGNMENT</b>							
		Mon.	Bist1	Bist2	Bist3	Bist4	
Reference voltage	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Line current	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Neutral system	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Application behaviour	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Switchgear closing	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Switchgear opening	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Operating time compensations	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Control voltage	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Ambient temperature	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Hydraulic drive pressure	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input type="button" value="Clear"/>		<input type="button" value="Set"/>					

Figure 72 : Réglage de l'affectation des alarmes via l'IHM web

Dès que  $\geq 1$  condition(s) est(sont) remplie(s), les contacts de sortie de relais associés, dont la case correspondante est cochée, sont activés jusqu'à que cette(ces) condition(s) soit(soient) effacée(s), comme indiqué dans le Tableau 6 ci-dessous :



Contact de relais (M4-J4)	Monostable (« tout ou rien »)	Bistable #1 (« bascule »)		Bistable #2 (« bascule »)		Bistable #3 (« bascule »)		Bistable #4 (« bascule »)	
		bornes statut	2-3 NO	4-5 NF	5-6 NO	7-8 NF	8-9 NO	bornes statut	2-3 NO
<b>Hors tension</b>	ouvert	conserver état courant		conserver état courant		conserver état courant		conserver état courant	
<b>Alarme activée</b>	ouvert	ouvert	fermé	ouvert	fermé	<b>Alarme activée</b>	ouvert	ouvert	fermé
<b>Alarme désactivée</b>	fermé	fermé	ouvert	fermé	ouvert	<b>Alarme désactivée</b>	fermé	fermé	ouvert

**Tableau 6 : Etat des contacts de sortie d'alarme de relais**

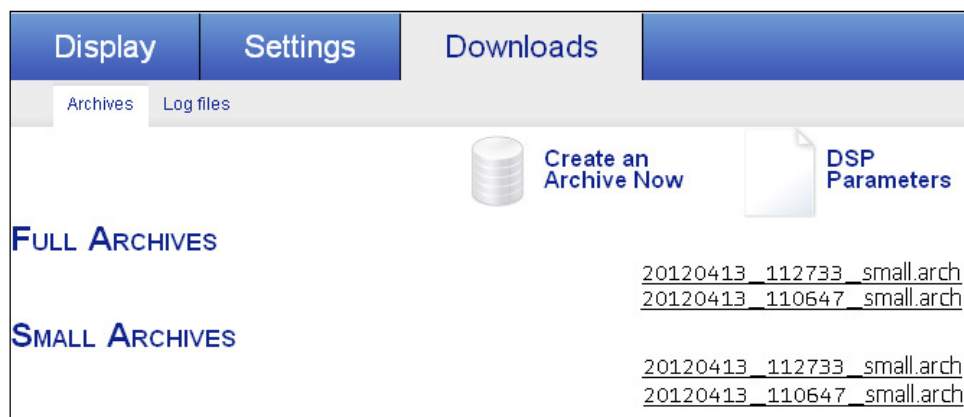
**REMARQUE 1 :** si le contrôleur RPH3 est éteint, les 4 contacts pilotés par des relais bistables (« bascule ») conservent leur état jusqu'à la prochaine mise sous tension, alors que le contact piloté par le relais monostable est automatiquement ouvert. Quel que soit le contact considéré, toutes les conditions d'alarme sont automatiquement testées lors de la mise sous tension et les contacts sont commutés selon le résultat de ce dernier test.

**REMARQUE 2 :** si le contrôleur RPH3 doit être dérivé via le contact d'alarme de relais monostable (« tout-ou-rien », M4-J4 broches 2 et 3), Alstom recommande d'appliquer pour ce contact l'affectation indiquée sur la Figure 72 ci-dessus.

### 3-7.3 Historique de commutation PoW (enregistrements des manœuvres du disjoncteur)

L'IHM web du RPH3 (logiciel intégré) permet d'accéder aux données associées à la tentative de manœuvre de commutation PoW la plus récente.

Toutefois, les données associées à des manœuvres de commutation plus anciennes sont également stockées dans la mémoire non-volatile du RPH3, sous forme de fichiers codés binaires avec l'extension « \*.arch ».



**Figure 73 : Chargement des 1025 derniers enregistrements de commutation (IHM web)**

1 fichier d'archive est automatiquement généré et stocké par le contrôleur RPH3 après chaque tentative de commutation PoW (même si la manœuvre a échoué ou a été annulée quelle qu'en soit la raison).

Les « petits » fichiers d'archive contiennent des données détaillées (mesures, alarmes, etc.) collectées par le contrôleur RPH3 lors des manœuvres de commutation associées. Jusqu'à 1025 « petites » archives peuvent ainsi être enregistrées, correspondant aux 1025 dernières tentatives de manœuvre.

Les fichiers d'archive « complets » contiennent les mêmes données ainsi que 4 secondes de valeurs échantillonnées de signaux (tensions, courants, contacts auxiliaires des pôles, etc.). Ces données détaillées peuvent être utiles pour les fonctionnalités d'analyse détaillée post-manœuvre. Le contrôleur RPH3 peut stocker 1 fichier d'archive « complet » pour chacune des 25 dernières tentatives de commutation.

Tous les fichiers d'archive peuvent être téléchargés via l'IHM web (Figure 73 ci-dessus) ou via le logiciel optionnel « RPH manager ».

Toutefois, ces données sont codées dans des fichiers binaires pouvant être décodés et traités uniquement par le logiciel optionnel « RPH manager ». Se reporter au document [2] pour plus de détails sur cet outil logiciel.

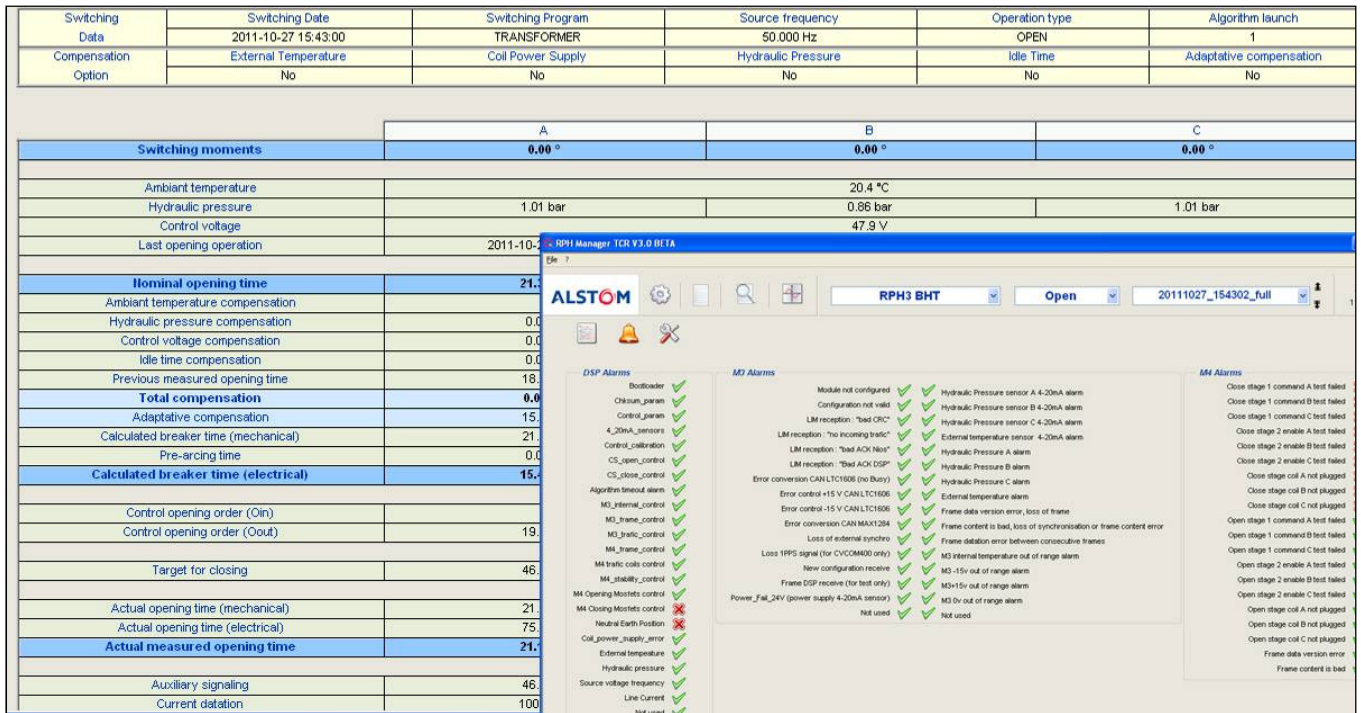


Figure 74 : Logiciel RPH Manager : données détaillées sur la commutation PoW et historique des alarmes

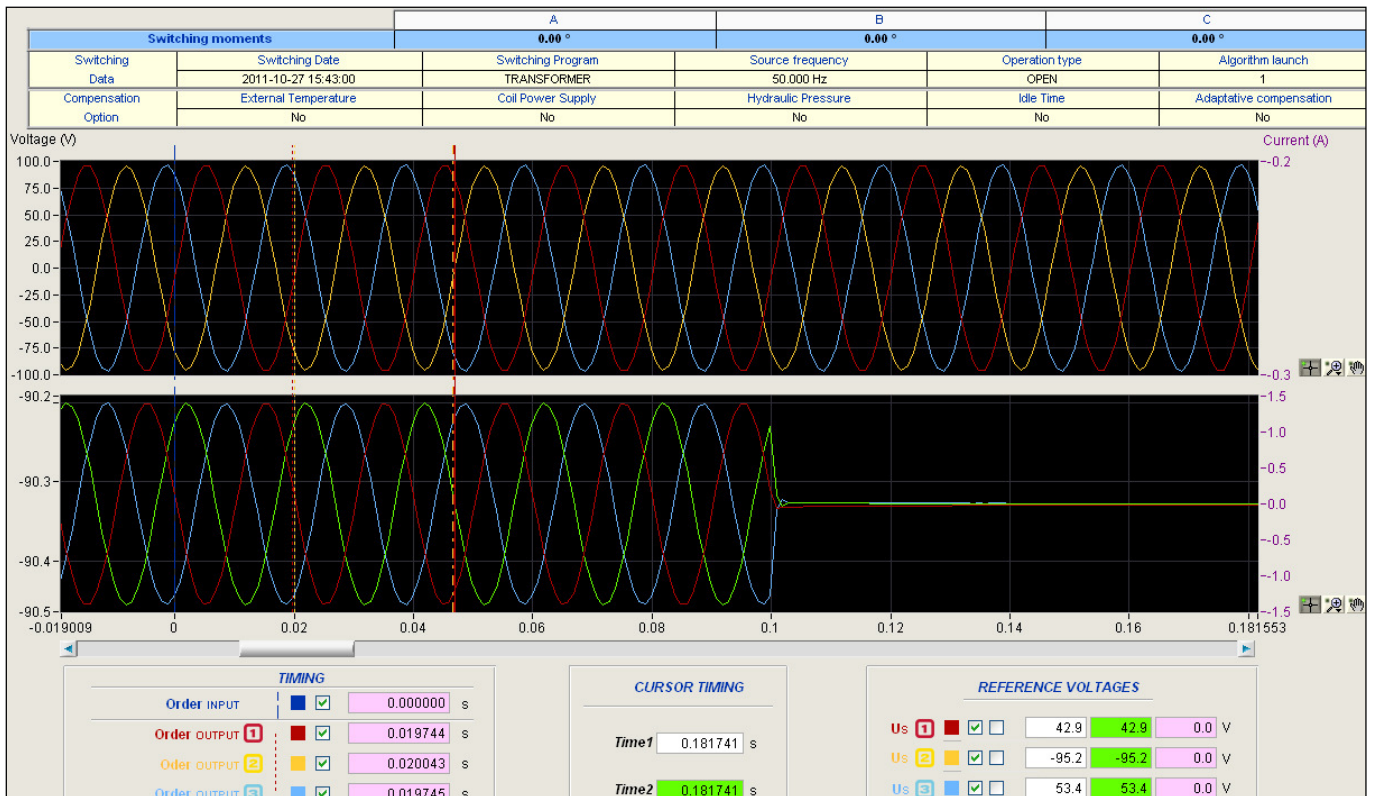


Figure 75 : Logiciel RPH : forme d'onde complète

Quelle qu'en soit la raison, l'utilisateur peut créer un fichier d'archive complet à tout moment depuis l'IHM web en cliquant simplement sur le bouton « Create an archive now » (créer une archive). L'enregistrement de tous les signaux est lancé pendant 4 secondes et les formes d'onde détaillées sont stockées dans un nouveau fichier d'archive « complet ».

## 3-8 Réseau, communication & horloge temps réel

Le contrôleur RPH3 peut se comporter comme un nœud sur un réseau IP, via Ethernet CEI 61850-9-2 sur une interface électrique (RJ45, connecteur M2-J3) et une interface optique (MT-RJ, connecteur M2-J1).

Sa configuration IP est la suivante :

- Adresse par défaut : 192.168.5.2 (modifiable via l'IHM web)
- Masque de réseau par défaut : 255.255.255.0 (modifiable via l'IHM web)
- Nom hôte IP : aucun
- Nom groupe de travail IP : aucun
- Nom utilisateur IP : aucun

Certains de ces réglages peuvent être modifiés via l'IHM web, comme illustré sur la Figure 76 ci-dessous :

The screenshot shows the 'Settings' tab of the RPH3 web interface, specifically the 'Network & Time' sub-tab. It is divided into two sections: 'TIME' and 'NETWORK CONFIGURATION'.  
In the 'TIME' section, the date is set to 5 / 15 / 2012 and the UTC Time (24h) is 8 : 15 : 43. There is a 'Change date' button.  
In the 'NETWORK CONFIGURATION' section, the IP address is 192 . 168 . 5 . 102 and the IP mask is 255 . 255 . 255 . 0. There is a 'Change network configuration' button.

Figure 76 : Réglages du réseau IP et réglage de l'horloge du RPH3

Il est également possible de modifier la date et l'heure utilisées par le contrôleur RPH3 pour la datation (enregistrements des événements).

**REMARQUE 1 :** ces réglages ne sont pas perdus en cas de coupure d'alimentation.

**REMARQUE 2 :** la date et l'heure peuvent être synchronisées avec un serveur d'horloge externe, à condition d'être accessibles sur le réseau IP. Elles peuvent également être synchronisées via une liaison optique dédiée (interface ST optique). Contacter Alstom pour plus de détails.

**AVERTISSEMENT :** le mode d'adressage IP du RPH3 est uniquement statique (l'adressage dynamique est possible via DHCP). Il est donc important de se rappeler de son adresse IP. Sinon, un balayage du réseau IP sera nécessaire pour identifier le contrôleur RPH3.

## 3-9 Réglages de configuration

Pour configurer correctement un contrôleur RPH3 donné, rassembler et utiliser les données suivantes pour ajuster les réglages internes du RPH3 via son IHM web, avant de lancer une manœuvre du disjoncteur.

### 3-9.1 Données relatives à l'application finale

- Fréquence nominale du système (Hz).
- Mode neutre du réseau : effectivement mis à la terre, isolé, mis à la terre via une NGR (Neutral Grounding Reactor - résistance de mise à la terre du neutre)...
- Niveau de tension phase-phase HT nominal (kV eff.).
- Niveau de courant HT nominal circulant à travers chaque pôle de l'appareillage (A eff.).
- Type de charge à commuter par le disjoncteur (condensateur, 3x réactance monophasée, 1x réactance triphasée, 3x transformateur de puissance monophasé, 1x transformateur triphasé, etc).

### 3-9.2 Données relatives aux capteurs externes

- Rapports de transformation pour les TC et TP installés (niveaux efficaces nominaux au niveau des enroulements primaires et secondaires).
- Courants de sortie nominaux à 4 mA et 20 mA pour le transducteur de température ambiante.
- Courants de sortie nominaux à 4 mA et 20 mA pour les transducteurs de pression hydraulique (si applicable).

RATED LEVELS		
	Primary	Secondary
Reference voltage phase-phase	512.500 kV (rms)	114.285 V (rms)
Current	2000 A (rms)	<input checked="" type="radio"/> 1A <input type="radio"/> 5A
SENSORS INPUTS SCALING		
	4 mA	20 mA
Ambient temperature	-50.000 °C	50.000 °C
Hydraulic drive pressure	0.000 bars	400.000 bars

Figure 77 : Réglages relatifs aux capteurs externes

### 3-9.3 Données relatives à l'appareillage

- Temps de manœuvre nominaux + décalages entre les contacts principaux et auxiliaires pour chaque pôle de l'appareillage **mesurés sur le site d'installation final de l'appareillage dans les conditions nominales** (température ambiante nominale, pression hydraulique nominale et tension de commande nominale).
- Temps de pré-arc (pour les manœuvres de fermeture) et temps d'arc (pour les manœuvres d'ouverture) de chaque pôle du disjoncteur.
- Méthode préférée pour la mesure des temps de manœuvre du disjoncteur (instants d'établissement / coupure du courant ou instants de commutation des contacts auxiliaires du disjoncteur).
- Seuil de détection du courant efficace (A eff.) + seuil de datation du courant instantané (A) pour la méthode de mesure par établissement / coupure du courant : se reporter à section 3-4.6-2, page 48.
- Niveau de tension de commande (V) : tension CC nominale utilisée pour alimenter les bobines et pour les impulsions de fermeture et d'ouverture tripolaires.
- Lois de compensation des temps de manœuvre pour les manœuvres de fermeture et d'ouverture du disjoncteur par rapport aux contributions de :
  - o Température ambiante → tableau entre -50°C et +50°C par pas de 10°C.
  - o Tension de commande → évaluation du facteur kU pour les manœuvres d'ouverture et de fermeture : se reporter à la section 3-5.3-1, page 59.
  - o Pression hydraulique (si applicable) → évaluation du facteur kP pour les manœuvres d'ouverture et de fermeture : se reporter à la section 3-5.4-1, page 63.
  - o Temps d'inactivité de l'appareillage (si applicable) → évaluation des facteurs A et B : se reporter à la section 3-5.5-1, page 67.
- Facteur de pondération du contrôle adaptatif → se reporter à la section 3-5.6, page 69.

Display		Settings		Downloads	
General		Closing		Opening	
		Network & Time			
<b>CIRCUIT BREAKER DATA</b>					
<b>Circuit breaker pole closing time</b>	<b>L1</b>	<input type="text" value="92.60"/> ms	<b>L2</b>	<input type="text" value="92.20"/> ms	<b>L3</b>
				<input type="text" value="92.85"/> ms	
<b>Pre-arcing time</b>	<b>L1</b>	<input type="text" value="0.00"/> ms	<b>L2</b>	<input type="text" value="0.00"/> ms	<b>L3</b>
<b>Transformer</b>				<input type="text" value="0.00"/> ms	
<b>OPERATING TIME MEASUREMENT</b>					
<b>Operating time measurement</b>	<input checked="" type="radio"/> Auxiliary switch		<input type="radio"/> Current		
<b>Auxiliary contact time-shift</b>	<b>L1</b>	<input type="text" value="0.00"/> ms	<b>L2</b>	<input type="text" value="0.00"/> ms	<b>L3</b>
				<input type="text" value="0.00"/> ms	
<b>Current thresholds</b>	<b>Detection</b>	<input type="text" value="500.0"/> A (rms)	<b>Dating</b>	<input type="text" value="100.0"/> A	
<b>OPERATING TIME COMPENSATIONS</b>					
<b>Ambient temperature</b>	<b>-50 °C</b>	<b>-40 °C</b>	<b>-30 °C</b>	<b>-20 °C</b>	<b>-10 °C</b>
	<input type="text" value="0.00"/>	<input type="text" value="0.00"/>	<input type="text" value="0.00"/>	<input type="text" value="0.00"/>	<input type="text" value="0.00"/>
	<b>0 °C</b>	<b>+10 °C</b>	<b>+20 °C</b>	<b>+30 °C</b>	<b>+40 °C</b>
	<input type="text" value="0.00"/>	<input type="text" value="0.00"/>	<input type="text" value="0.00"/>	<input type="text" value="0.00"/>	<input type="text" value="0.00"/>
	<b>+50 °C</b>	<input type="text" value="0.00"/> ms			
<b>Control voltage</b>	<b>Rated</b>	<input type="text" value="220.00"/> V	<b>kU</b>	<input type="text" value="0.00"/>	
<b>Hydraulic drive pressure</b>	<b>Rated</b>	<input type="text" value="350.00"/> bars	<b>kP</b>	<input type="text" value="0.00"/>	
<b>Idle</b>	<b>Coefficient A</b>	<input type="text" value="2.0"/> ms	<b>Coefficient B</b>	<input type="text" value="10.0"/> days	
<b>Adaptive</b>	<b>k</b>	<input type="text" value="0.3"/>			

Figure 78 : Réglages relatifs à l'appareillage : exemple pour la fermeture du disjoncteur

**REMARQUE :** les temps d'arc (pour les manœuvres d'ouverture) et de pré-arc (pour les manœuvres de fermeture) doivent être ajustés avec la plus grande précision possible, pour une commutation PoW efficace sur la limitation des transitoires (se reporter aux sections 2 pour plus de détails).

Les valeurs optimales doivent être fournies par le fabricant du disjoncteur.

Alternativement, des valeurs approximatives peuvent également être calculées à partir des données citées dans la section 3-9.1 et ci-dessous :

- RDDS de chaque interrupteur de pôle (un pôle de disjoncteur donné peut être composé de  $\geq$  interrupteurs)
- Vitesse nominale de fermeture de chaque pôle (selon le mécanisme de commande)
- Composition du mélange gazeux (SF6 pur ou associé avec CF4, N2...)
- Pression nominale du gaz et seuil d'alarme basse pression P1
- Présence ou non de condensateurs de répartition parallèlement aux interrupteurs du disjoncteur

### 3-9.4 Données de commande PoW

- Mode neutre du réseau sélectionné (à la terre ou isolé) + méthode de détection choisie (logiciel ou matériel) : se reporter à la section 3-4.3 page 36.
- Schéma de câblage des bobines de l'appareillage (mode commun ou mode différentiel) : se reporter à la section 0, page 38.
- Identification de la phase de référence (L1, L2 ou L3) et déphasage initial (se reporter à la section 3-4.2, page 35 pour plus de détails).
- Liste des contributions activées pour la compensation des temps de manœuvre du disjoncteur (se reporter à la section 3-5, page 55).
- Programme de commutation PoW sélectionné (transformateur, condensateur, réactance shunt ou programme utilisateur).

Display		Settings		Downloads	
<p>General Closing Opening Network &amp; Time</p>					
<b>MAIN OPTIONS</b>					
Rated power frequency	<input checked="" type="radio"/> 50 Hz	<input type="radio"/> 60 Hz			
Switching program	<input type="radio"/> Transformer	<input type="radio"/> Shunt Reactor	<input type="radio"/> Capacitor Bank	<input checked="" type="radio"/> User Mode	
Reference voltage	<input checked="" type="radio"/> L1	<input type="radio"/> L2	<input type="radio"/> L3		
Reference voltage phase shift	<input type="text" value="0.00"/> °				
Neutral system	<input type="radio"/> Software parameter	<input checked="" type="radio"/> Neutral contact			
Operating time measurement	<input checked="" type="radio"/> Auxiliary switch	<input type="radio"/> Current			
Coils wiring scheme	<input checked="" type="radio"/> Common mode	<input type="radio"/> Differential mode			
<b>OPERATING TIME COMPENSATIONS</b>					
Temperature	<input type="radio"/> Disable	<input checked="" type="radio"/> Enable			
Control voltage	<input type="radio"/> Disable	<input checked="" type="radio"/> Enable			
Hydraulic drive pressure	<input type="radio"/> Disable	<input checked="" type="radio"/> Enable			
Idle	<input type="radio"/> Disable	<input checked="" type="radio"/> Enable			
Adaptive	<input type="radio"/> Disable	<input checked="" type="radio"/> Enable			

Figure 79 : Réglages de commande PoW

- Décalages angulaires PoW pour la stratégie de repli pendant les manœuvres d'ouverture et de fermeture du disjoncteur (si la méthode choisie pour la détection du mode neutre du réseau est « matériel ») : se reporter à la section 3-4.3.
- Décalages angulaires PoW personnalisés pour les manœuvres d'ouverture et de fermeture du disjoncteur (avec le programme de commutation = « mode utilisateur ») :
  - o Pour le mode neutre isolé et le mode neutre à la terre
- Durée des commandes unipolaires de sortie (impulsions de la tension d'excitation des bobines) : se reporter à la section 0, page 38.



Display				Settings				Downloads			
General		Closing		Opening		Network & Time					
<b>USER PROGRAM SHIFT ANGLES</b>											
Isolated neutral		L1		L2		L3					
		<input type="text" value="0.00"/>		<input type="text" value="0.00"/>		<input type="text" value="0.00"/>				°	
Earthed neutral		L1		L2		L3					
		<input type="text" value="0.00"/>		<input type="text" value="0.00"/>		<input type="text" value="0.00"/>				°	
<b>FALL BACK SHIFT ANGLES</b>											
Angles (if system neutral is undefined)		L1		L2		L3					
		<input type="text" value="0.00"/>		<input type="text" value="0.00"/>		<input type="text" value="0.00"/>				°	
<b>COILS DRIVING VOLTAGE IMPULSE</b>											
Output order duration		<input type="text" value="80"/>								ms	

Figure 80 : Réglages de commande PoW : exemple pour la fermeture du disjoncteur (programme de commutation = « mode utilisateur »)

### 3-9.5 Données relatives à la signalisation des alarmes

- Seuils à appliquer pour les alarmes d'application et les alarmes système

Display		Settings		Downloads			
General		Closing		Opening		Network & Time	
<b>ALARMS THRESHOLDS</b>							
		Max		Min			
Primary current peak		<input type="text" value="1000"/> A					
Control voltage		<input type="text" value="300"/> V		<input type="text" value="35"/> V			
Ambient temperature		<input type="text" value="50"/> °C		<input type="text" value="-50"/> °C			
Hydraulic drive pressure		<input type="text" value="1000"/> bars		<input type="text" value="0"/> bars			

Figure 81 : Réglages relatifs à la signalisation des alarmes – seuils généraux

Display		Settings		Downloads			
General		Closing		Opening		Network & Time	
<b>OPERATING TIME MEASUREMENT</b>							
		Min		Max		Operating time tolerance	
Closing measurement limits		<input type="text" value="0.00"/> ms		<input type="text" value="200.00"/> ms		<input type="text" value="0.00"/> ms	
<b>OPERATING TIME COMPENSATIONS</b>							
Maximum instantaneous total (±)		$\Delta t_{\text{compensations}}$		<		<input type="text" value="10.00"/> ms	
<b>ADAPTIVE CONTROL CLAMPING</b>							
Maximum adaptive (±)		$\Delta t_{\text{adapt}}$		<		<input type="text" value="10.00"/> ms	

Figure 82 : Réglages liés à la signalisation des alarmes – limites des temps de manœuvre & bridage des compensations

- Matrice d'affectation des alarmes système et application avec les contacts de sorties de relais : se reporter aux sections 3-7.2-5 et Figure 72, page 80.

### 3-10 Variantes RPH3

Le contrôleur RPH3 a été conçu comme un rack 19" global intégrant 5 modules électroniques simples connectés par des liaisons internes et équipés de borniers amovibles à l'arrière pour le câblage externe.

Comme introduit dans la section 3-3, les 5 modules sont :

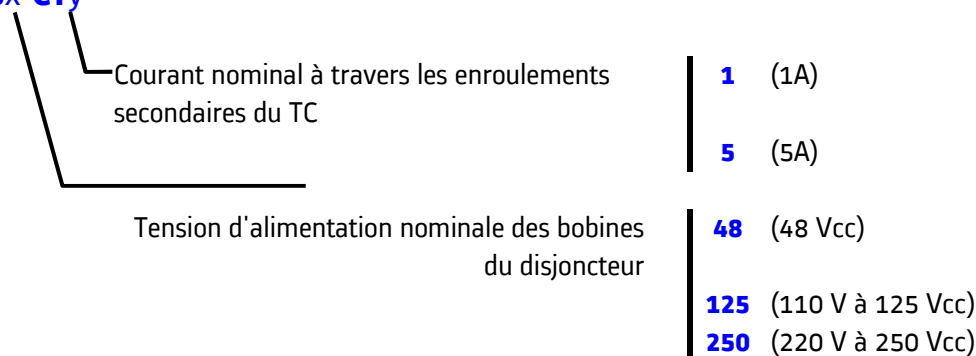
- Module M1** Alimentation
- Module M2** Traitement numérique des signaux & communication
- Module M3** Acquisition & conversion numérique
- Module M4** E/S, surveillance et commandes de pilotage des bobines du disjoncteur
- Module M5** Module de signalisation en face avant

Chaque rack RPH3 créé doit être personnalisé selon les éléments suivants :

- Tension continue nominale pour l'alimentation des bobines du disjoncteur (48 V, 110-125 V ou 220-250 V)
- Courant nominal circulant à travers les enroulements secondaires du TC (1 A, 5 A)

La variante RPH3 dépend des caractéristiques de chaque module, codées comme suit :

#### RPH3 TCR-PSx-CTy



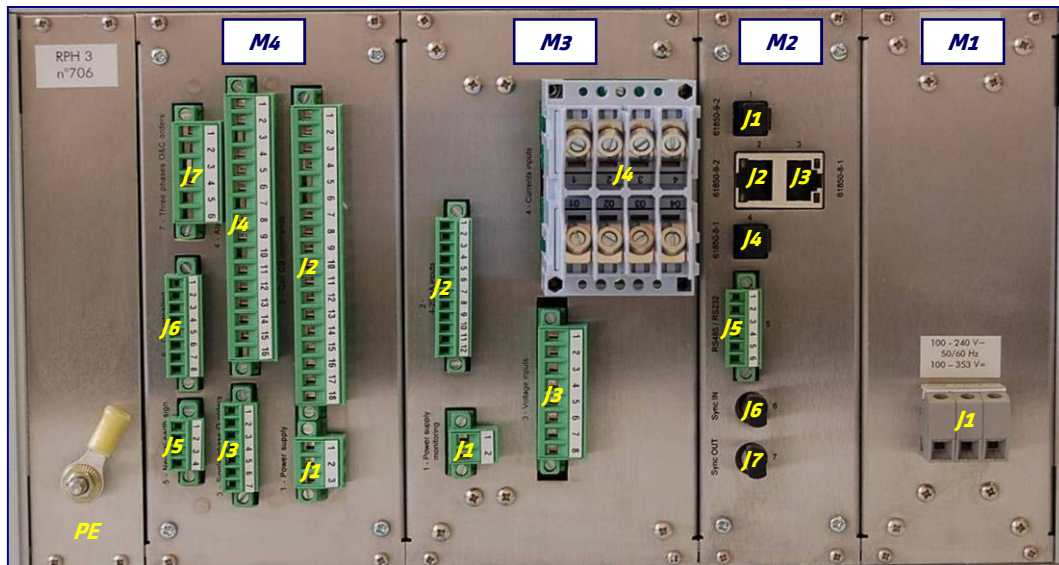
Les 6 variantes disponibles sont donc les suivantes (les modules M1, M2 et M5 étant standard) :

Variante du produit	Description	Variante module M3	Variante module M4
RPH3 TCR-PS48-CT1	- Alimentation RPH3 48 Vcc - CT 1 Amp - Alimentation des bobines du disj. 48 Vcc	M3-PS48-CT1-VT220	M4-PS48
RPH3 TCR-PS48-CT5	- Alimentation RPH3 48 Vcc - CT 5 Amps - Alimentation des bobines du disj. 48 Vcc	M3-PS48-CT5-VT220	M4-PS48
RPH3 TCR-PS125-CT1	- Alimentation RPH3 110-250 Vc - CT 1 Amp - Alimentation des bobines du disj. 110-125 Vc	M3-PS250-CT1-VT220	M4-PS125
RPH3 TCR-PS125-CT5	- Alimentation RPH3 110-250 Vc - CT 5 Amps - Alimentation des bobines du disj. 110-125 Vc	M3-PS250-CT5-VT220	M4-PS125
RPH3 TCR-PS250-CT1	- Alimentation RPH3 110-250 Vc - CT 1 Amp - Alimentation des bobines du disj. 220-250 Vc	M3-PS250-CT1-VT220	M4-PS250
RPH3 TCR-PS250-CT5	- Alimentation RPH3 110-250 Vc - CT 5 Amps - Alimentation des bobines du disj. 220-250 Vc	M3-PS250-CT5-VT220	M4-PS250

### 3-11 Description du brochage

Le schéma suivant (Figure 83) présente la disposition et la désignation des bornes du RPH3.

Chaque connecteur est défini par l'emplacement de son module et un indice d'identification : par exemple, le connecteur des bornes d'alimentation de M4 est défini comme M4-J1.



**Figure 83: Affection des bornes du RPH3**

**REMARQUE 1 :** pour simplifier les opérations de maintenance (qui doivent se limiter au remplacement du relais), les connecteurs sont tous différents et amovibles.

**REMARQUE 2 :** chaque connecteur est fourni avec sa propre entrée de blindage local afin de minimiser le couplage externe des perturbations électromagnétiques avec le RPH3. La mise à la terre doit être la plus proche possible des composants électroniques.

### 3-11.1 Bornes module M1

<b>M1-J1 – ALIMENTATION RPH3</b>		
Alimentation	M1-J1 : 1	Terre
	M1-J1 : 2	Phase ou polarité /+
	M1-J1 : 3	Neutre ou polarité /-

### 3-11.2 Bornes module M2

<b>Ports de communication M2</b>		
<b>61850-9-2</b> liaison optique	M2-J1	<i>MT-RJ (AFBR 5903)</i>
<b>61850-9-2</b> liaison cuivre	M2J2	<i>RJ45</i>
<b>61850-8-1</b> liaison cuivre	M2J3	<i>RJ45</i>
<b>61850-8-1</b> liaison optique	M2J4	<i>MT-RJ (AFBR 5903)</i>
<b>RS485 / RS232</b> liaison série	M2J5 : 1	RS232 TX iso
	M2J5 : 2	GND iso
	M2J5 : 3	RS232 RX iso
	M2J5 : 4	RS485 A
	M2J5 : 5	RS485 TERM
	M2J5 : 6	RS485 B
<b>Sync IN</b> liaison optique	M2J6	<i>HFBR 1414Z</i>
<b>Sync OUT</b> liaison optique	M2J7	<i>HFBR 2412Z</i>

### 3-11.3 Bornes module M3

<b>M3-J1 – SURVEILLANCE DE L'ALIMENTATION DE LA BOBINE DE SORTIE</b>		
Epaisseur de fil recommandée	AWG24-12	
Alimentation cc	M3-J1 : 1	Polarité /-
	M3-J1 : 2	Polarité /+

<b>M3-J2 – ENTREES 4-20 mA</b>		
Epaisseur de fil recommandée	AWG28-16	
Température ambiante	M3-J2 : 1	Ecran
	M3-J2 : 2	Signal
	M3-J2 : 3	+ 24V
Pression hydraulique phase L1	M3-J2 : 4	Ecran
	M3-J2 : 5	Signal
	M3-J2 : 6	+ 24V
Pression hydraulique phase L2	M3-J2 : 7	Ecran
	M3-J2 : 8	Signal
	M3-J2 : 9	+ 24V
Pression hydraulique phase L3	M3-J2:10	Ecran
	M3-J2:11	Signal
	M3-J2:12	+ 24V

<b>M3-J3 – ENTREES DE TENSION</b>		<i>MSTB 2,5/8-STF-5.08</i>
Epaisseur de fil recommandée	AWG28-16	
Tension de ligne phase L1	M3-J3 : 1	S1
	M3-J3 : 2	S2
Tension de ligne phase L2	M3-J3 : 3	S1
	M3-J3 : 4	S2
Tension de ligne phase L3	M3-J3 : 5	S1
	M3-J3 : 6	S2
Tension source	M3-J3 : 7	S1
	M3-J3 : 8	S2

<b>M3-J4 – ENTREES DE COURANT (prise de sécurité ENTRELEC)</b>		<i>ESSAILEC CC-I-VA-2</i>
Section de fil recommandée	1 - 2.5 mm <sup>2</sup>	
Entrée non utilisée	M3-J4 : 01	Non utilisé
	M3-J4 : 1	Non utilisé
Courant de charge / phase L1	M3-J4 : 02	S1
	M3-J4 : 2	S2
Courant de charge / phase L2	M3-J4 : 03	S1
	M3-J4 : 3	S2
Courant de charge / phase L3	M3-J4 : 04	S1
	M3-J4 : 4	S2

### 3-11.4 Bornes module M4

<b>M4-J1 – ALIMENTATION DES BOBINES DU DISJONCTEUR</b>		<i>MSTB 2,5/3-STF-5.08</i>
Epaisseur de fil recommandée	AWG24-12	
Alimentation de la commande des bobines de l'appareillage	M4-J1 : 1	Commande bobine /+
	M4-J1 : 2	Commande bobine /-
	M4-J1 : 3	Ecran

<b>M4-J2 – COMMANDE DE SORTIE DES BOBINES DU DISJONCTEUR</b>		<i>MSTB 2,5/18-STF-5.08</i>
Epaisseur de fil recommandée	AWG24-12	
Sortie d'ouverture / phase L1	M4-J2 : 1	Bobine O Phase A /+
	M4-J2 : 2	Bobine - O Phase A /-
	M4-J2 : 3	Ecran
Sortie d'ouverture / phase L2	M4-J2 : 4	Bobine O Phase B /+
	M4-J2 : 5	Bobine O Phase B /-
	M4-J2 : 6	Ecran
Sortie d'ouverture / phase L3	M4-J2 : 7	Bobine O Phase C /+
	M4-J2 : 8	Bobine O Phase C /-
	M4-J2 : 9	Ecran
Sortie de fermeture / phase L1	M4-J2 : 10	Bobine C Phase A /+
	M4-J2 : 11	Bobine C Phase A /-
	M4-J2 : 12	Ecran
Sortie de fermeture / phase L2	M4-J2 : 13	Bobine + C Phase B /+
	M4-J2 : 14	Bobine C Phase B /-
	M4-J2 : 15	Ecran

Sortie de fermeture / phase L3	M4-J2 : 16	Bobine + C Phase C /+
	M4-J2 : 17	Bobine C Phase C /-
	M4-J2 : 18	Ecran

<b>M4-J3 – DETECTION DE LA COMMANDE D'OUVERTURE</b>		<i>MC 1,5/7-STF-3.81</i>
Epaisseur de fil recommandée	AWG24-14	
Ecran	M4-J3 : 1	Ecran
Détection de commande d'ouverture / phase L1	M4-J3 : 2	O phase A /+
	M4-J3 : 3	O phase A /-
Détection de commande d'ouverture / phase L2	M4-J3 : 4	O phase B /+
	M4-J3 : 5	O phase B /-
Détection de commande d'ouverture / phase L3	M4-J3 : 6	O phase C /+
	M4-J3 : 7	O phase C /-

<b>M4-J4 – ALARMES DE SORTIE</b>		<i>MSTB 2,5/16-STF-5.08</i>
Epaisseur de fil recommandée	AWG24-12	
Ecran	M4-J4 : 1	Ecran
Relais tout-ou-rien	M4-J4 : 2	Alarme mon.1b
	M4-J4 : 3	Alarme mon. 1a
Relais bascule 1	M4-J4 : 4	Alarme bist. 1b (NF)
	M4-J4 : 5	Commun bist. 1
	M4-J4 : 6	Alarme bist. 1a (NO)
Relais bascule 2	M4-J4 : 7	Alarme bist. 2b (NF)
	M4-J4 : 8	Commun bist. 2
	M4-J4 : 9	Alarme bist. 2a (NO)
Relais bascule 3	M4-J4 : 10	Alarme bist. 3b (NF)
	M4-J4 : 11	Commun bist. 3
	M4-J4 : 12	Alarme bist. 3a (NO)
Relais bascule 4	M4-J4 : 13	Alarme bist. 4b (NF)
	M4-J4 : 14	Commun bist. 4
	M4-J4 : 15	Alarme bist. 4a (NO)
Ecran	M4-J4 : 16	Ecran

<b>M4-J5 – SIGNALISATION DE LA TERRE DU NEUTRE</b>		<i>MC 1,5/4-STF-3.81</i>
Epaisseur de fil recommandée	AWG24-14	
Ecran	M4-J5 : 1	Ecran
Signalisation neutre / terre	M4-J5 : 2	+48V commun
	M4-J5 : 3	N/E NO
	M4-J5 : 4	N/E NF

<b>M4-J6 – SIGNALISATION AUX. DISJ.</b>		<i>MC 1,5/8-STF-3.81</i>
Epaisseur de fil recommandée	AWG24-14	
Ecran	M4-J6 : 1	Ecran
Contact auxiliaire / phase L1	M4-J6 : 2	Position disj. / Phase L1
	M4-J6 : 3	+48V commun
Contact auxiliaire / phase L2	M4-J6 : 4	Position disj. / Phase L2
	M4-J6 : 5	+48V commun

Contact auxiliaire / phase L3	M4-J6 : 6	Position disj. / Phase L3
	M4-J6 : 7	+48V commun
Ecran	M4-J6 : 8	Ecran

<b>M4-J7 - COMMANDE D'ENTREE DES BOBINES DU DISJONCTEUR</b>		<i>MSTB 2,5/6-STF-5.08</i>
Epaisseur de fil recommandée	AWG24-12	
Entrée d'ouverture	M4-J7 : 1	Entrée d'ouverture / +
	M4-J7 : 2	Sortie d'ouverture / -
	M4-J7 : 3	Ecran
Entrée de fermeture	M4-J7 : 4	Entrée de fermeture / +
	M4-J7 : 5	Entrée de fermeture / -
	M4-J7 : 6	Ecran



## 3-12 Schémas de raccordement

Cette section fournit les schémas de raccordement types recommandés du contrôleur RPH3 pour les applications TCR. Les réglages de configuration du logiciel doivent être définis conformément au schéma de câblage réel.

### 3-12.1 Mise à la terre du boîtier, alimentation électrique et mode neutre du réseau

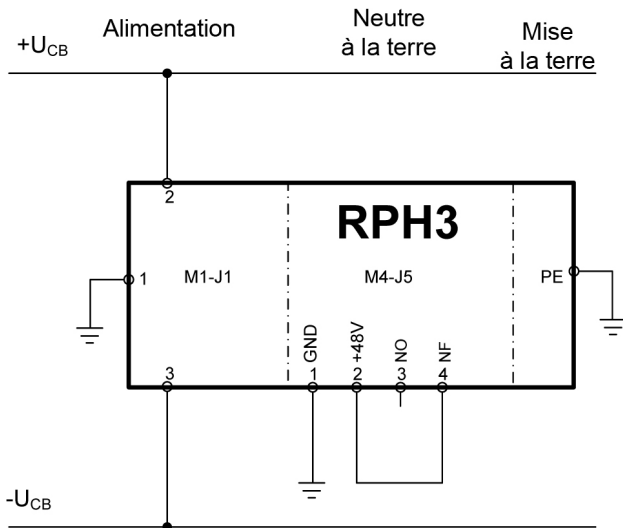


Figure 84 : Alimentation & câblage du neutre du réseau à la terre

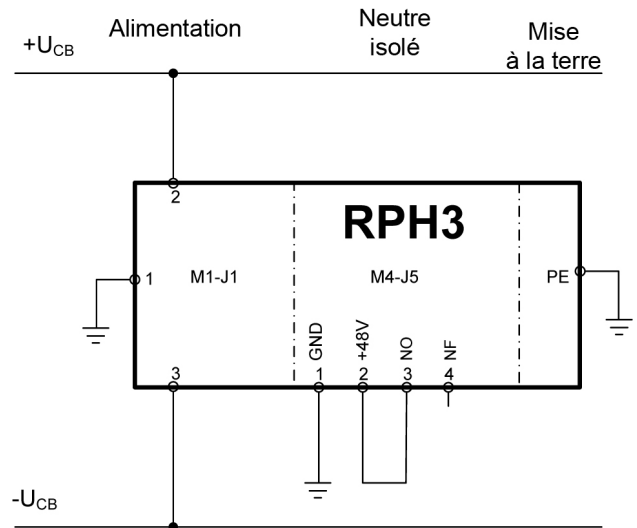


Figure 85 : Alimentation & câblage du neutre du réseau isolé

**REMARQUE 1 :** le boîtier du contrôleur RPH3 doit être systématiquement mis à la terre via la borne PE (vis externe de mise à la terre).

**REMARQUE 2 :** le fil de liaison pour le mode neutre du réseau (à la terre ou isolé) doit être sélectionné conformément au réglage logiciel associé (se reporter à la section 3-4.3, page 36). Aucune liaison n'est requise si le mode neutre du réseau est déterminé par réglage logiciel (voir Figure 16, page 33).

**REMARQUE 3 :** le RPH3 fournit une tension de +48 Vcc sur sa broche M4-J5:2 pour la polarisation par pont. **NE PAS connecter de source externe sur cette broche !**

**REMARQUE 4 :** pour plus de flexibilité, un interrupteur externe peut être utilisé comme « sectionneur neutre » entre les broches 2, 3 et 4 du M4-J5 pour passer automatiquement du mode mis à la terre au mode isolé (utile pour la commutation entre les angles de décalage PoW).

3-12.2 Tension de référence

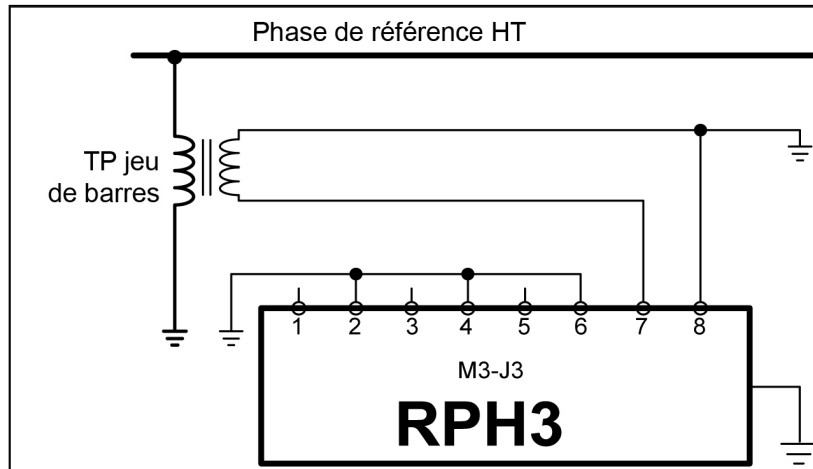


Figure 86 : Tension de référence : câblage type

3-12.3 Capteurs analogiques

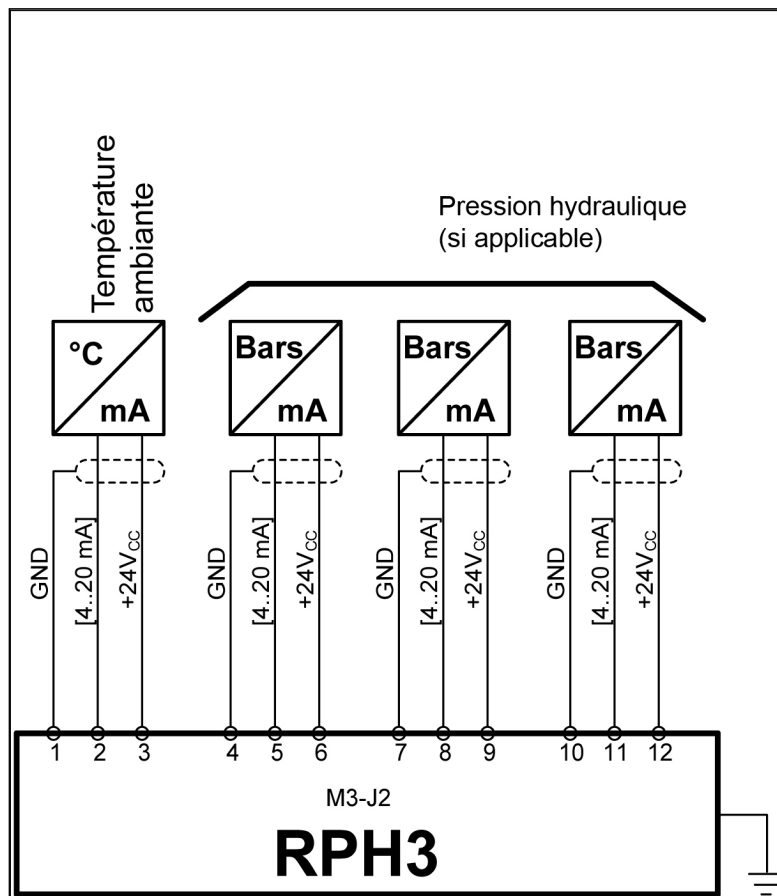


Figure 87 : Transducteurs de température ambiante & de pression hydraulique : schéma de câblage type

**REMARQUE :** les données d'étalonnage associées aux capteurs analogiques doivent être ajustées via l'IHM web : se reporter à la section 3-9, page 85.

### 3-12.4 Contrôle de l'appareillage et dérivation du RPH3

La dérivation du contrôleur RPH3 peut s'avérer utile s'il ne peut pas assurer sa tâche, quelle qu'en soit la raison (tension CA de référence manquante, RPH3 non alimenté, etc.)

Toutefois, cette dérivation doit être activée ou ne doit pas dépendre de l'application finale, car elle donne lieu à une commutation non contrôlée de l'appareillage HT (pas de synchronisation du tout). Par conséquent, dès que le contrôleur RPH3 est dérivé, des surtensions et/ou des courants d'appel importants peuvent se produire, avec les conséquences correspondantes sur le réseau HT, le vieillissement de l'appareillage, etc.

Les schémas suivants illustrent la mise en œuvre de cette dérivation en relation avec les schémas de raccordement possibles.

**REMARQUE :** le schéma de raccordement des bobines du disjoncteur (mode commun ou mode différentiel) doit être sélectionné conformément au réglage logiciel associé (se reporter à la Figure 27, page 40)

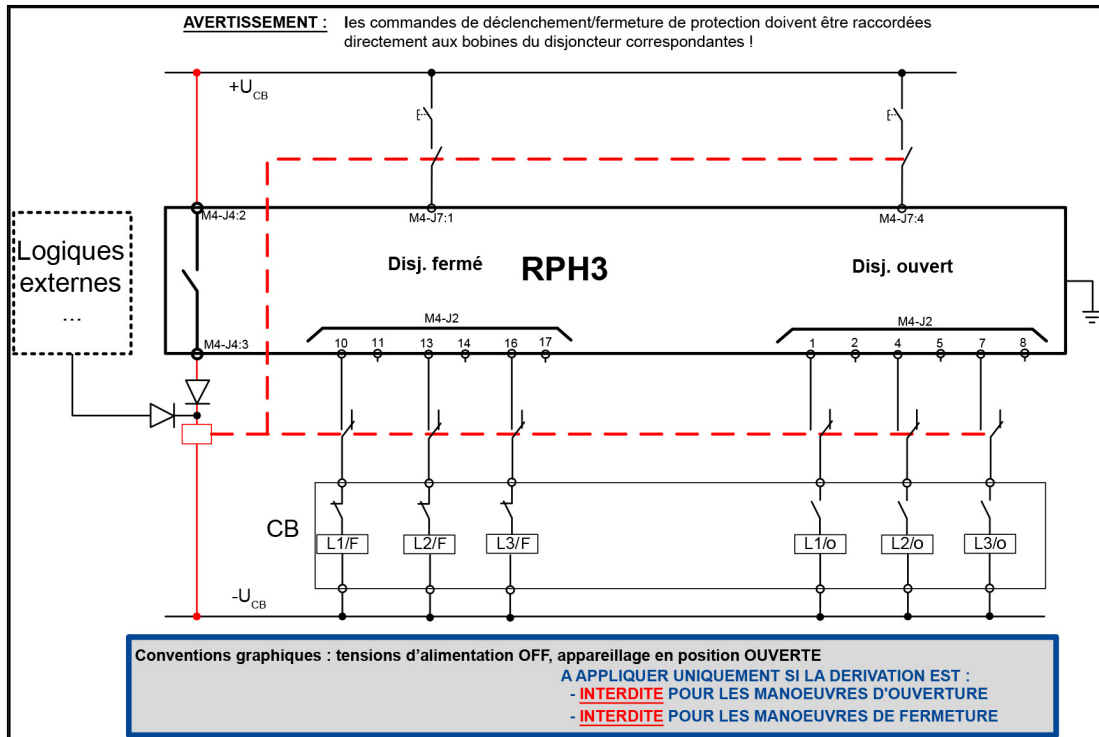


Figure 88 : Schéma de dérivation - interdit sur les deux voies (variante de mode commun)

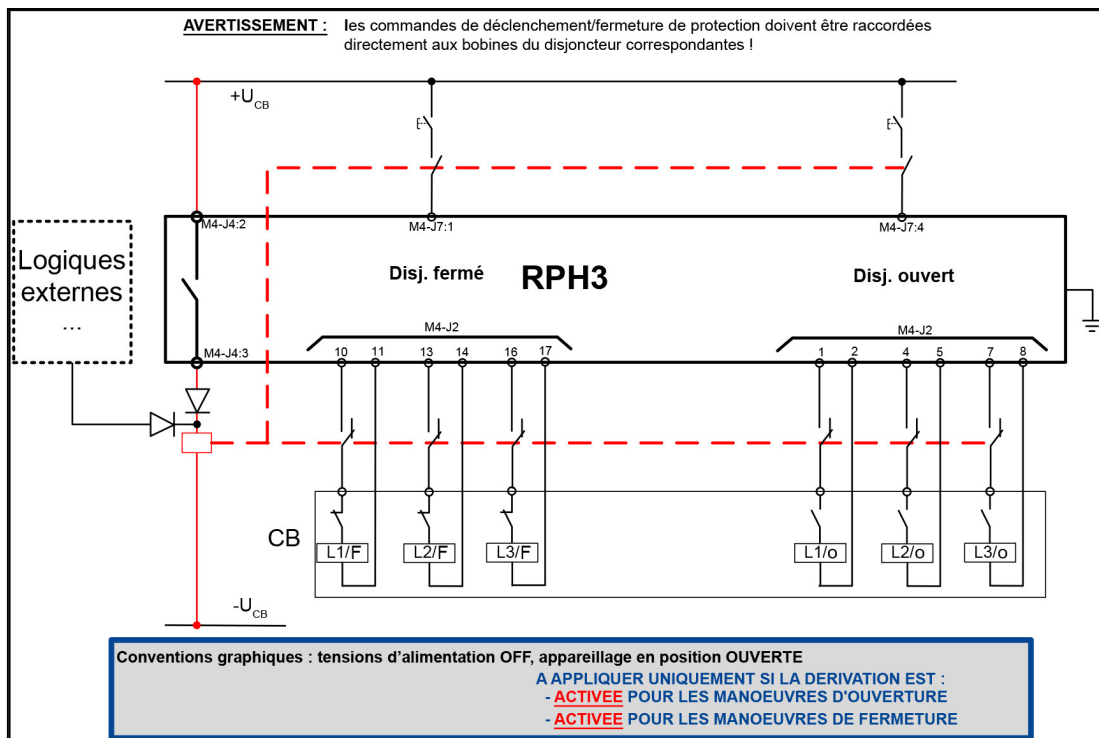


Figure 89 : Schéma de dérivation - interdit sur les deux voies (variante de mode différentiel)

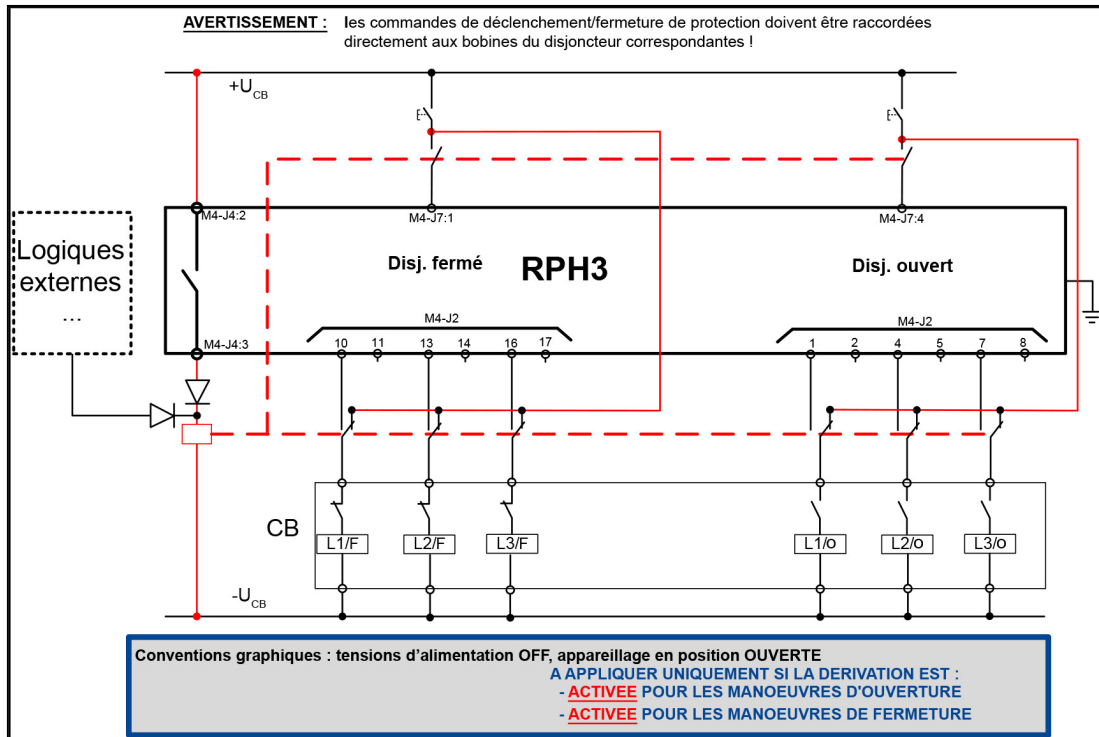


Figure 90 : Schéma de dérivation - activé sur les deux voies (variante de mode commun)

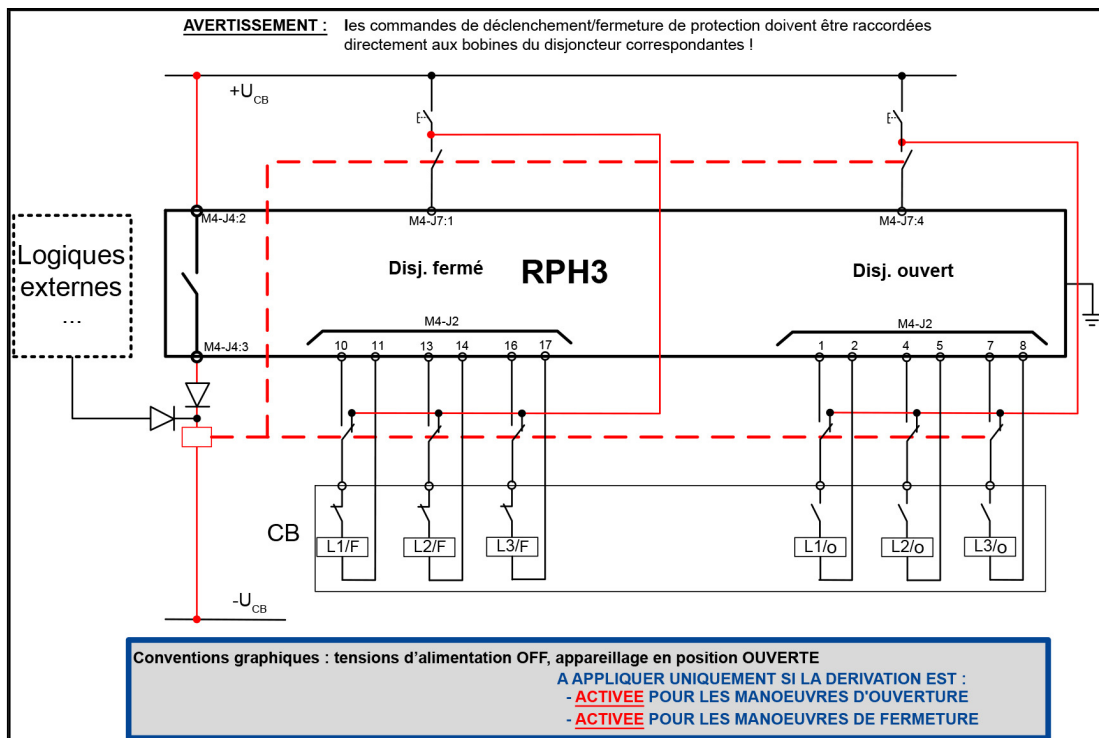


Figure 91 : Schéma de dérivation - activé sur les deux voies (variante de mode différentiel)

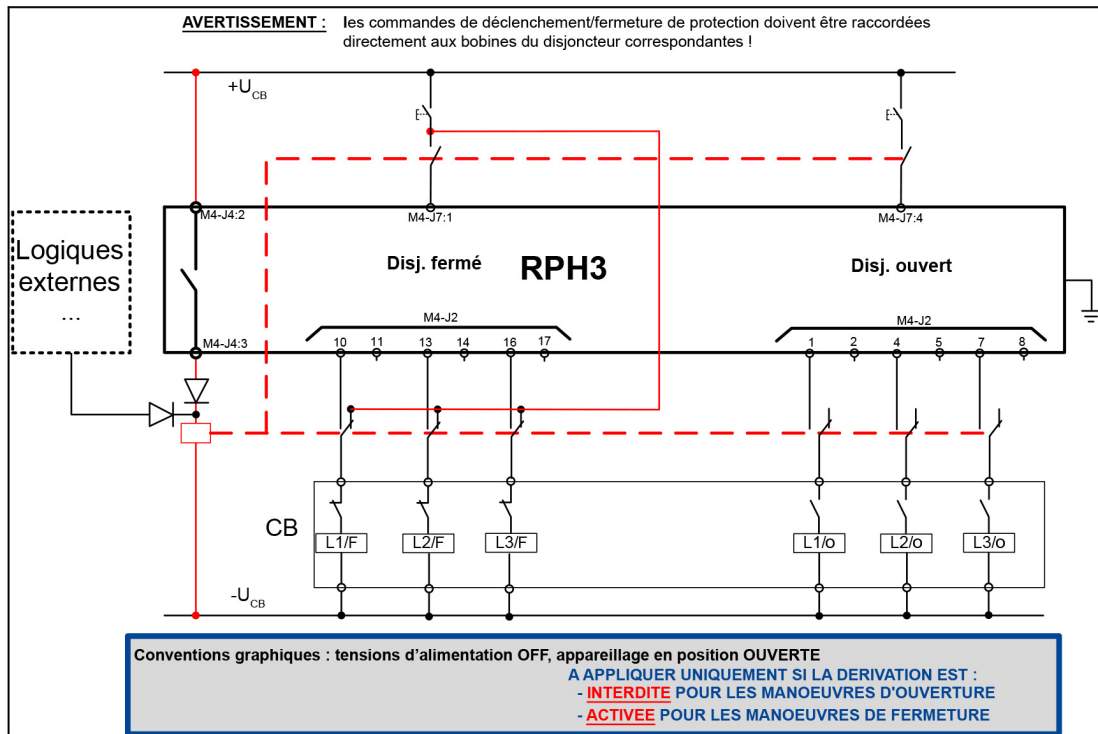


Figure 92 : Schéma de dérivation - activé sur la voie de fermeture uniquement (variante de mode commun)

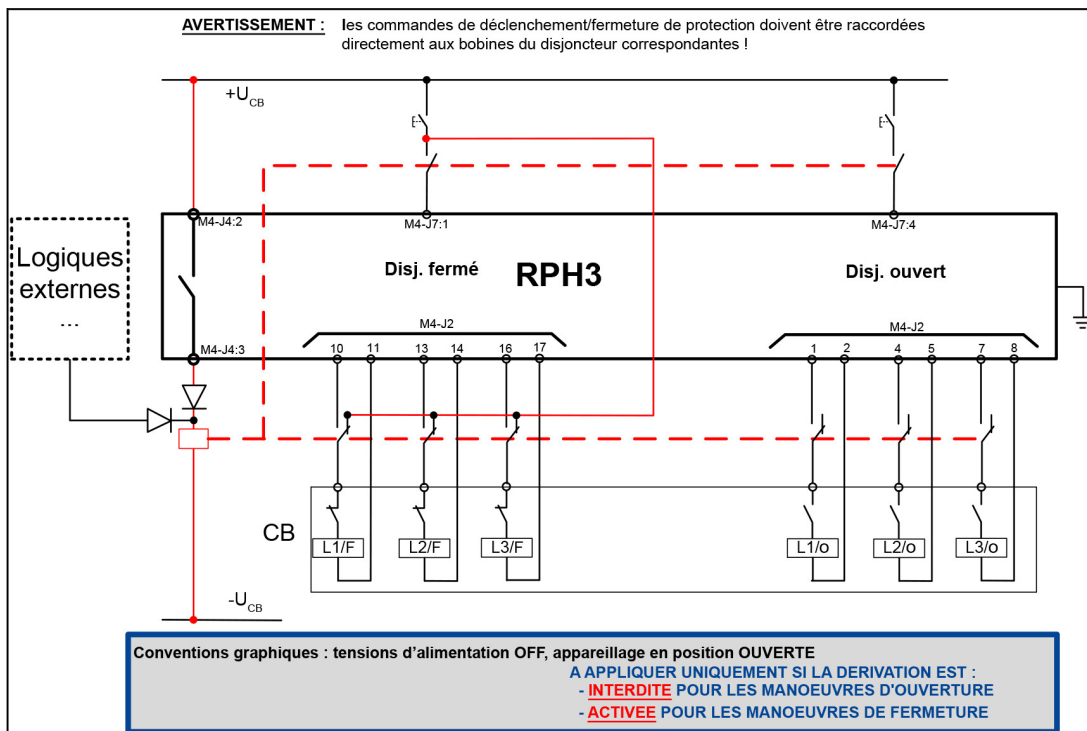


Figure 93 : Schéma de dérivation - activé sur la voie de fermeture uniquement (variante de mode différentiel)

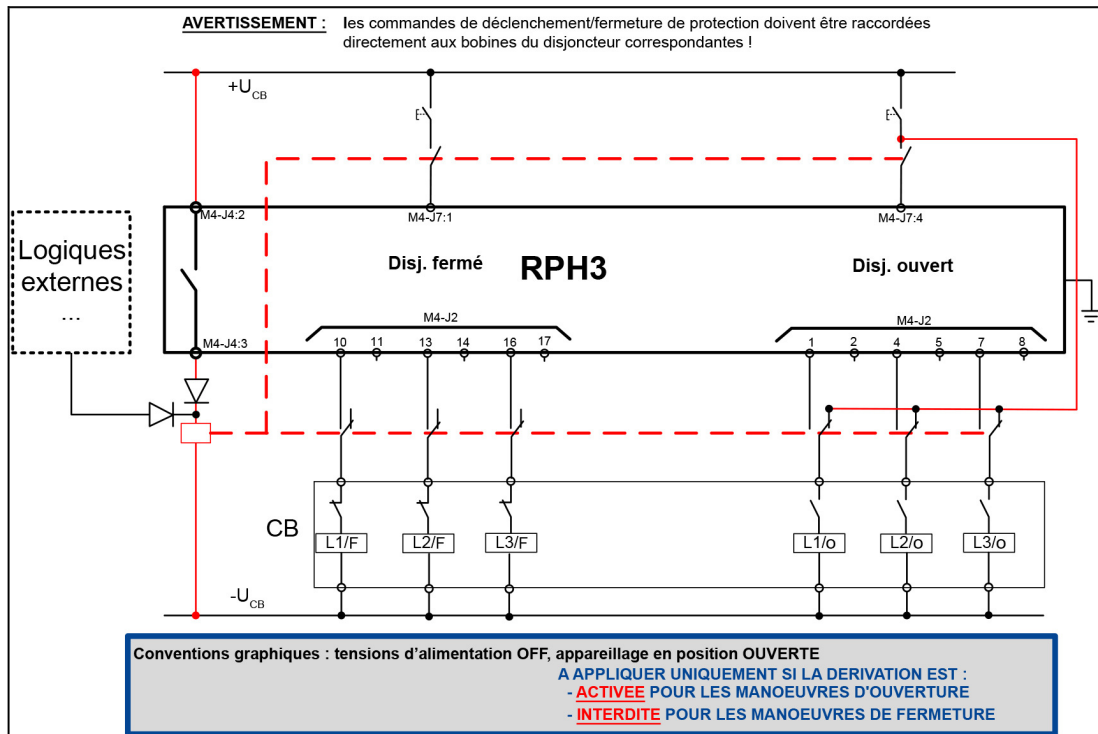


Figure 94 : Schéma de dérivation - activé sur la voie d'ouverture uniquement (variante de mode commun)

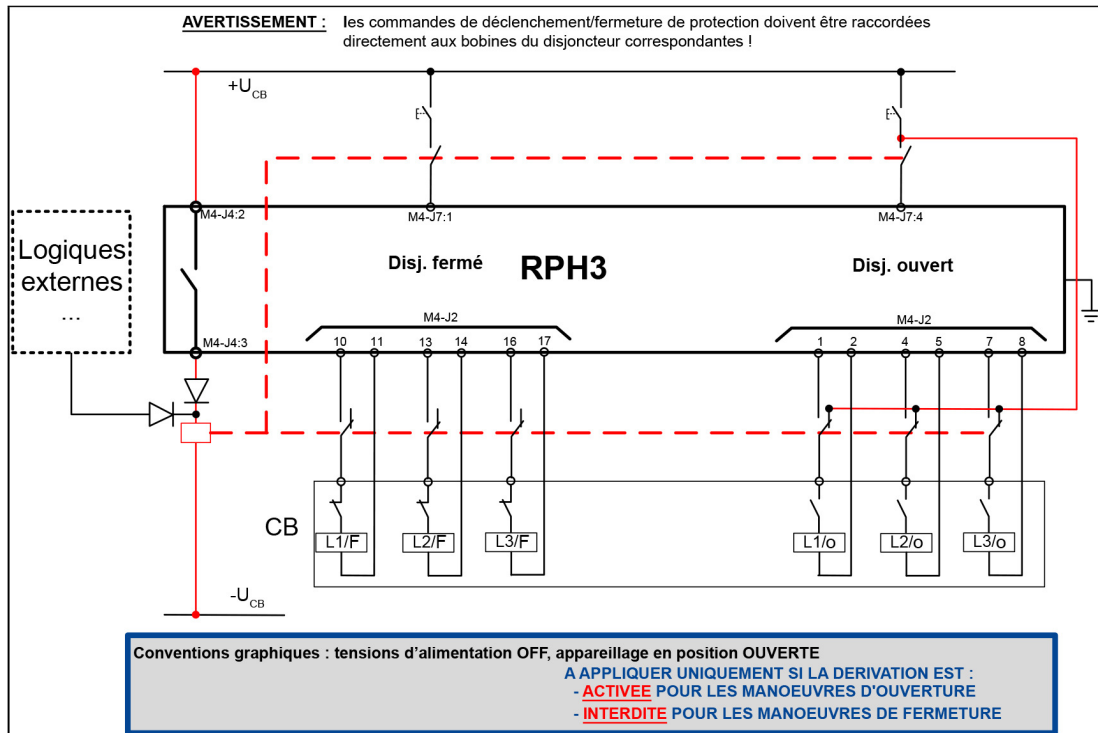


Figure 95 : Schéma de dérivation - activé sur la voie d'ouverture uniquement (variante de mode différentiel)

3-12.5 Contacts d'alarme de relais et signalisation de l'appareillage

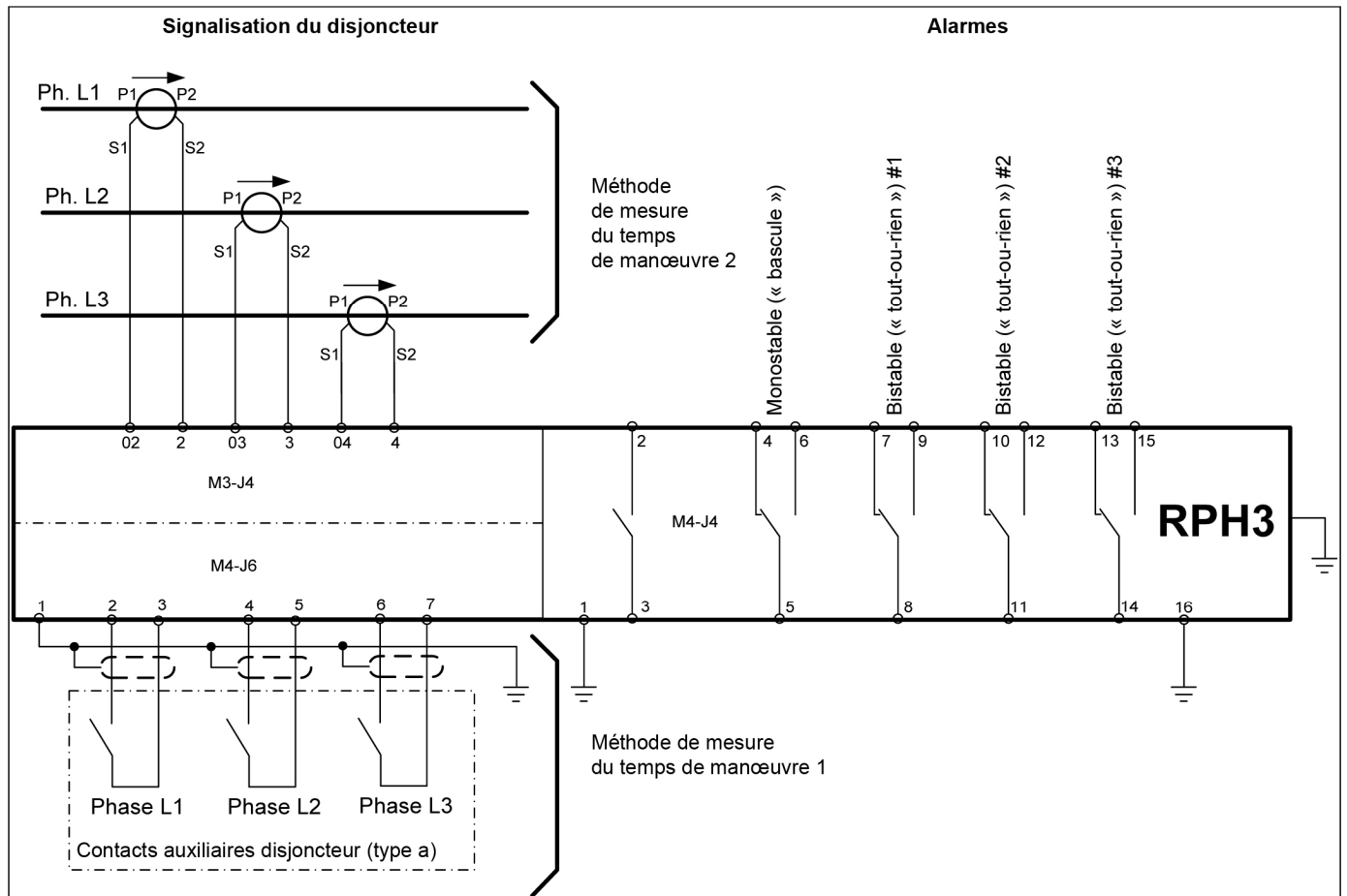


Figure 96 : Signalisation du disjoncteur & contacts d'alarmes de relais : schéma de câblage type

**REMARQUE 1 :** la signalisation du disjoncteur permet au contrôleur RPH3 d'évaluer les temps de manœuvre de l'appareillage grâce à deux méthodes différentes :

- Mesure de l'établissement / coupure des courants HT (via des TC de ligne)
- Mesure des instants de commutation des contacts auxiliaires du disjoncteur

La méthode préconisée doit être sélectionnée par un réglage logiciel. Les raccordements associés à la méthode préconisée sont obligatoires, alors que les autres sont optionnels. Ils peuvent toutefois être utiles pour la méthode alternative à prendre en compte en cas d'échec de la méthode préconisée. Par conséquent, Alstom recommande de raccorder le RPH3 aux TC de ligne et aux contacts auxiliaires. Se reporter à la section 3-4.6 page 43 pour de plus amples détails.

**REMARQUE 2 :** les TC de ligne sont également requis pour permettre au contrôleur RPH3 de mesurer les courants HT commutés.

**REMARQUE 3 :** les entrées de courant sont à potentiel libre. Ainsi, il n'est pas nécessaire de mettre les bornes du M3-J4 à la terre.



## 3-13 Caractéristiques techniques

### Dimensions (LxHxP)

Le boîtier du RPH3 est conçu pour un montage dans un rack 19'' ou pour un montage mural.

Hauteur	4U
Profondeur	400 mm max
Largeur	19''

### Protection

IP20

### Fréquence nominale (tension de référence)

50 / 60 Hz  $\pm 10\%$

### Alimentation

Plage 1 100 à 240 Vca / 50-60 Hz  
 Plage 2 48 à 353 Vcc  
 Consommation de puissance < 20 W

### Tension de bobine du disjoncteur

Nominale	48-250 Vcc
Fonctionnement	33-300 Vcc

### Courant de bobine du disjoncteur

Courant maximum autorisé à travers chaque bobine du disjoncteur : 10 A / phase pendant 300 ms.

### Précision de temps pour l'acquisition des données

Résolution < 0,1 ms

### Précision d'acquisition du temps de fonctionnement sur la plage de température ambiante [-25°C à +50°C]

Résolution <  $\pm 0,1$  ms

### Précision d'entrée des capteurs

Tension de commande	$\pm 3\%$
Température ambiante	$\pm 3\%$
Pressions hydrauliques	$\pm 3\%$

### Entrée de tension de référence

Niveau nominal (eff.)	100/ $\sqrt{3}$ Vca ou 220/ $\sqrt{3}$ Vca
Plage (eff.)	15-105 Vca ou 30-250 Vca

Fréquence nominale	50 Hz ou 60 Hz $\pm$ 10 %
Consommation de puissance des entrées de mesure	< 2 VA
Niveau d'isolement entre les enroulements d'entrée & de sortie	2 kV eff.
Précision d'acquisition	1 %

### Entrées de courant

Niveau nominal $I_{NOMINAL}$ (eff.)	1 A ou 5 A
Courant nominal de courte durée	200 A pour 1 s
Plage de fonctionnement	0,5x $I_{NOMINAL}$ à 3 x $I_{NOMINAL}$
Consommation de puissance des entrées de mesure	< 2 VA à 3x $I_{NOMINAL}$
Précision d'acquisition	3 %

### Entrées des capteurs analogiques (température ambiante, pressions hydrauliques)

Plage de fonctionnement	4-20 mA
Tension d'alimentation nominale	24 V (fournie par le contrôleur RPH3)

### Contacts de sortie de relais

#### Contact de relais monostable (« tout-ou-rien »: M4-/4:2/3)

1 contact par relais	NO (normalement ouvert)
Tension de fonctionnement	250 Vcc
Courant CC nominal maxi.	5 A
Surcharge maxi.	100 A pendant 30 ms
Puissance de coupure	10 VA sous 48 Vcc avec L/R = 20 ms
Niveau d'isolement	4 kV en mode commun 1 kV en mode différentiel

#### Contacts de relais bistables (« bascule »)

2 contacts par relais	1x NO (normalement ouvert) + 1x NF (normalement fermé)
Tension de fonctionnement	230 Vcc
Courant CC nominal maxi.	5 A
Surcharge maxi.	100 A pendant 30 ms
Puissance de coupure	10 VA sous 48 Vcc avec L/R = 20 ms
Niveau d'isolement	4 kV en mode commun 1 kV en mode différentiel

### RoHS

EU2002/95/EG

### Fiabilité

MTBF (MIL-HDBK-217) 150 000 heures (> 17 ans)

### Plage de températures de fonctionnement

Température ambiante	-25°C à +50°C
Froid	CEI 60068-2-1

Chaleur sèche	-25°C ±3°C CEI 60068-2-2
Chaleur humide	+50°C ±2°C CEI 60068-2-3 +40°C ±2°C +93 % HR ±3 % 48 h

### Compatibilité diélectrique

Rigidité diélectrique	CEI 60255-5 CM 2kV – 50/60 Hz pendant 1 minute DM 1kV – 50/60 Hz pendant 1 minute
Résistance d'isolement	> 100 MΩ à 500 V
Tension d'impulsion	CM ±5 kV 0,5 J DM ±1 kV 0,5 J
Tolérance de tension	CEI 60255-6 CC -30 % à +20 % CA -30 % à +15 %
Interruption d'alimentation CC	CEI 61000-4-29 50 % dip : 100 ms Interruption : 20 ms
Immunité au mode commun sous conduction	CEI 61000-4-16 niveau 4 Perturbation 0 à 150 kHz Continue : 30 V à 50 Hz ou 60 Hz 1 s : 300 V à 50 Hz ou 60 Hz
Ondulation sur le port de puissance d'entrée CC	CEI 61000-4-17 niveau 3 10 % de la valeur nominale

### Compatibilité électromagnétique

Décharge électrostatique	CEI 61000-4-2 niveau 4 8 kV contact 15 kV air
Impulsion de fréquence radio	CEI 61000-4-3 niveau 3 10 V/m – 80 MHz à 1 GHz 1kHz modulation sinusoïdale à 80 %
Transitoire rapide	CEI 61000-4-4 niveau 4 Conduction : 4 kV 2,5 kHz Rayonnement : 2 kV 2,5 kHz (4 kV sur groupe G15)
Immunité aux surtensions	CEI 61000-4-5 niveau 4 CM 4 kV DM 2 kV
Perturbations conduites	CEI 61000-4-6 niveau 3 10 V 150 kHz à 80 MHz

	1 kHz modulation sinusoïdale à 80 %
Immunité aux perturbations magnétiques	CEI 61000-4-8 niveau 5 100 A/m continu – 1000 A/m 3s 1 kHz modulation sinusoïdale à 80 %
Immunité aux perturbations haute fréquence	CEI 61000-4-12 niveau 3 CM 2,5 kV CM DM 1 kV (200 Ω) 100 kHz 50c/s 1 MHz 400c/s (2s, F=2,5 kHz)
Classe de compatibilité électromagnétique A	EN 55022

### Ports Internet

---

100 Base Fx & Tx	
Protocoles	TCP/IP – HTTP
Interface	RJ45 électrique ou MTRJ optique

### Ports de synchronisation d'horloge

---

Interface ST optique

### Borniers

---

Les borniers à vis de type PHOENIX CONTACT MSTB 2.5 ou MC 1.5 (mâle + femelle) sont utilisés pour tous les raccordements, à l'exception des suivants :

- Ports de communication
- La connexion aux enroulements primaires du TC (kit de connexion de sécurité ENTRELEC / type ESSAILEC)
- Le raccordement direct de l'alimentation et des entrées de tension des câbles sur les blocs AWG 24-10.

Tous les raccordements sont accessibles à l'arrière du contrôleur RPH3, à l'exception du port de communication RS232/RS485 (situé en façade).

## 4 NOTES D'APPLICATIONS

### 4-1 Etendue des applications de commutation PoW

La commutation PoW avec le RPH3 « TCR » doit être considérée dans les applications citées dans le Tableau 7 ci-dessous. Pour les autres applications, contacter l'assistance Alstom.

Application	Effets de la commutation aléatoire	Effets de la commutation synchrone	
		Valeur ajoutée	Définition du point cible par rapport au zéro précédent de la tension de phase
<b>Manœuvres de fermeture du disjoncteur</b>			
excitation des transformateurs de puissance ou des réactances 3 noyaux (initialement déchargés)	excitation des transformateurs de puissance ou des réactances 3 noyaux (initialement déchargés)	excitation des transformateurs de puissance ou des réactances 3 noyaux (initialement déchargés)	excitation des transformateurs de puissance ou des réactances 3 noyaux (initialement déchargés)
excitation des lignes de transport non compensées (charge capacitive)	excitation des lignes de transport non compensées (charge capacitive)	excitation des lignes de transport non compensées (charge capacitive)	excitation des lignes de transport non compensées (charge capacitive)
excitation des lignes de transport compensées par réactances shunt *	excitation des lignes de transport compensées par réactances shunt *	excitation des lignes de transport compensées par réactances shunt *	excitation des lignes de transport compensées par réactances shunt *
excitation des batteries simples de condensateurs	excitation des batteries simples de condensateurs	excitation des batteries simples de condensateurs	excitation des batteries simples de condensateurs
excitation des batteries de condensateurs « back-to-back »	excitation des batteries de condensateurs « back-to-back »	excitation des batteries de condensateurs « back-to-back »	excitation des batteries de condensateurs « back-to-back »
<b>Manœuvres d'ouverture du disjoncteur</b>			
déexcitation des transformateurs ou réactances shunt	déexcitation des transformateurs ou réactances shunt	déexcitation des transformateurs ou réactances shunt	déexcitation des transformateurs ou réactances shunt
déexcitation des lignes de transport compensées par réactances shunt	déexcitation des lignes de transport compensées par réactances shunt	déexcitation des lignes de transport compensées par réactances shunt	déexcitation des lignes de transport compensées par réactances shunt
déexcitation des batteries de condensateurs (batterie simple ou « back-to-back »)	déexcitation des batteries de condensateurs (batterie simple ou « back-to-back »)	déexcitation des batteries de condensateurs (batterie simple ou « back-to-back »)	déexcitation des batteries de condensateurs (batterie simple ou « back-to-back »)

**Tableau 7 : Applications types pour la commutation PoW**

\* si les lignes de transport sont compensées par réactances shunt, la commutation PoW avec programme de commutation standard « condensateur » peut ou non s'appliquer, selon l'efficacité de la compensation (en cas de « sur-compensation », la ligne devient inductive). Contacter Alstom pour plus de détails.

**REMARQUE :** si une **Neutral Grounding Reactor** doit être utilisée pour mettre à la terre les charges inductives (réactances ou enroulements primaires de transformateur), le mode neutre doit être réglé sur « isolé » et le programme de commutation du RPH3 doit être sélectionné comme décrit dans la section 4-6 page 126.

## 4-2 Commutation des transformateurs HT et des réactances 3 noyaux

Cette section décrit la stratégie utilisée par le RPH3 pour la commutation synchrone des transformateurs de tout type.

Toutefois, les batteries de transformateurs dont les primaires sont enroulés indépendamment des noyaux magnétiques sont considérées comme des réactances shunt simple noyau au lieu de transformateurs. Pour ce type de charge, se reporter à la section 4-3, page 116.

Le programme de commutation « Transformateur » doit être sélectionné avec le mode neutre approprié (« à la terre » ou « isolé ») lors de la commutation de transformateurs de puissance sans charge, afin d'éviter les conditions indésirables suivantes :

- Courants d'appel élevés sollicitant mécaniquement les enroulements du transformateur via des forces électromagnétiques importantes qui en résultent. Ces courants d'appel diminuent lentement jusqu'au niveau stable de magnétisation en plusieurs secondes.
- Tensions d'harmoniques temporaires pouvant entraîner des manœuvres de déclenchement imprévues de certains relais de protection.

**REMARQUE :** pour les transformateurs avec des enroulements primaires couplés en triangle, le mode neutre doit être réglé sur « isolé ».

### 4-2.1 Manœuvres de fermeture

Pour ce type d'application, les points cibles pour la fermeture sont choisis de telle manière que le flux apparaissant dans le transformateur aux dates de fermeture soit équivalent au flux permanent qui existerait si ses 3 phases étaient excitées en permanence.

**Remarque : la fermeture des transformateurs avec un flux résiduel n'est pas encore gérée par le RPH3.**

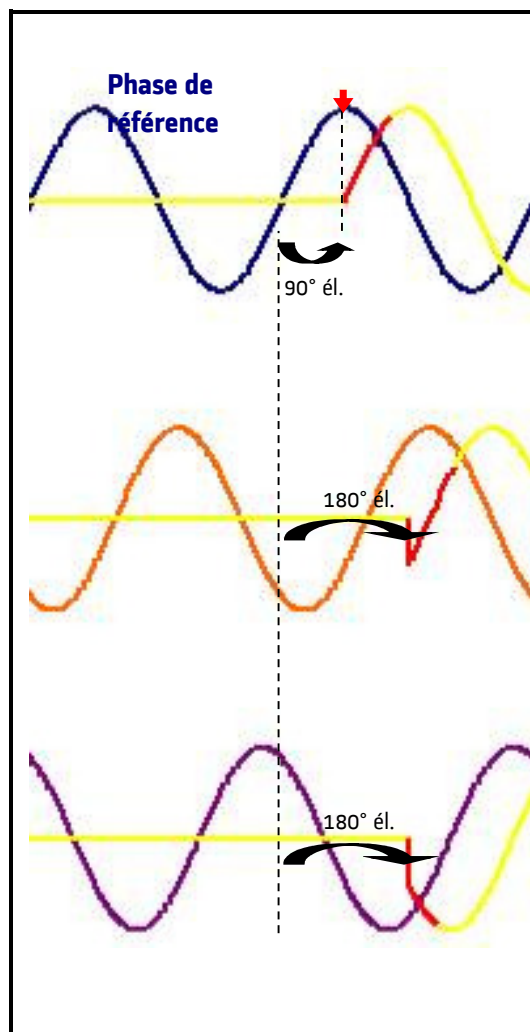
Pour éviter les transitoires, le point cible pour la fermeture de chaque phase est défini comme le pic de tension associé :

### ***neutre à la terre (avec couplage phase-phase)***

Pour les charges avec neutre à la terre, chaque pôle du disjoncteur doit être fermé à environ 1/3 de période l'un après l'autre.

Mais cette approche de 1<sup>er</sup> niveau ne prend pas en compte le couplage mutuel existant entre les phases (via le noyau de fer dans le cas de transformateurs 3 noyaux ou via l'enroulement basse tension pour les batteries de transformateurs).

En réalité, la première phase à fermer est celle de référence, qui est commutée sur son pic de tension (90° él. après la tension zéro). Lorsqu'elle a été fermée, le flux magnétique dans le noyau associé augmente jusqu'à sa valeur nominale puis se ferme via les deux noyaux restants, non-excités (de moitié chacun). La fermeture des deux phases restantes se produit donc 1/4 période plus tard (90° él.). Le courant peut ainsi commencer à circuler immédiatement et sans processus transitoire comme représenté sur la **Figure 97**.

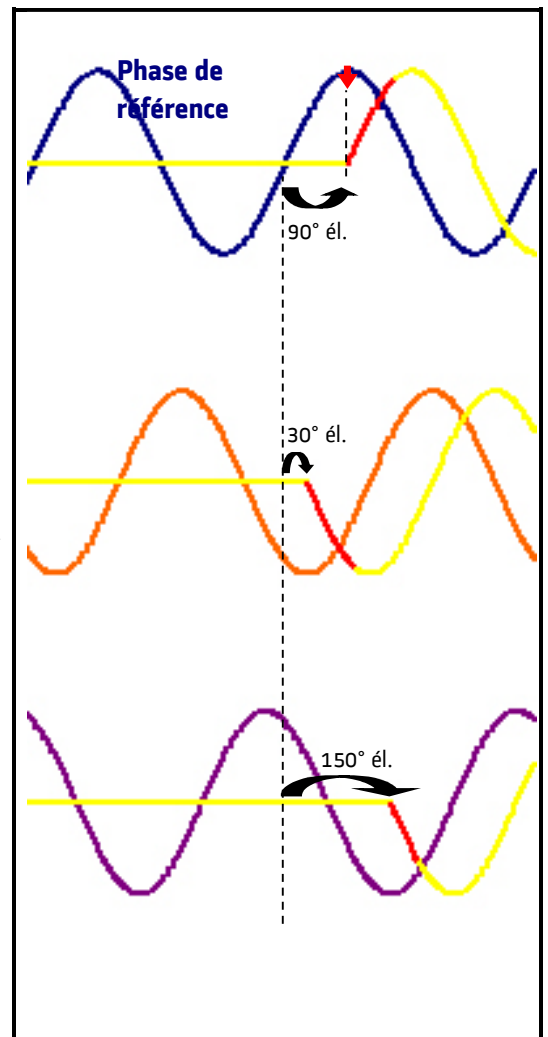


**Figure 97 :**  
**Séquence de commutation lors de l'excitation d'un transformateur ou de réactances 3 noyaux (neutre à la terre)**

***neutre à la terre (sans couplage phase-phase)***

Dans le cas de batteries de transformateurs mises à la terre avec enroulements secondaires ou tertiaires couplés en étoile, le couplage mutuel est nul entre les phases.

Dans ce cas spécifique, la charge doit être considérée comme un groupe de 3 réactances à simple noyau et, le point cible pour chaque phase doit donc être défini sur le pic de tension associé, comme illustré sur la Figure 98.

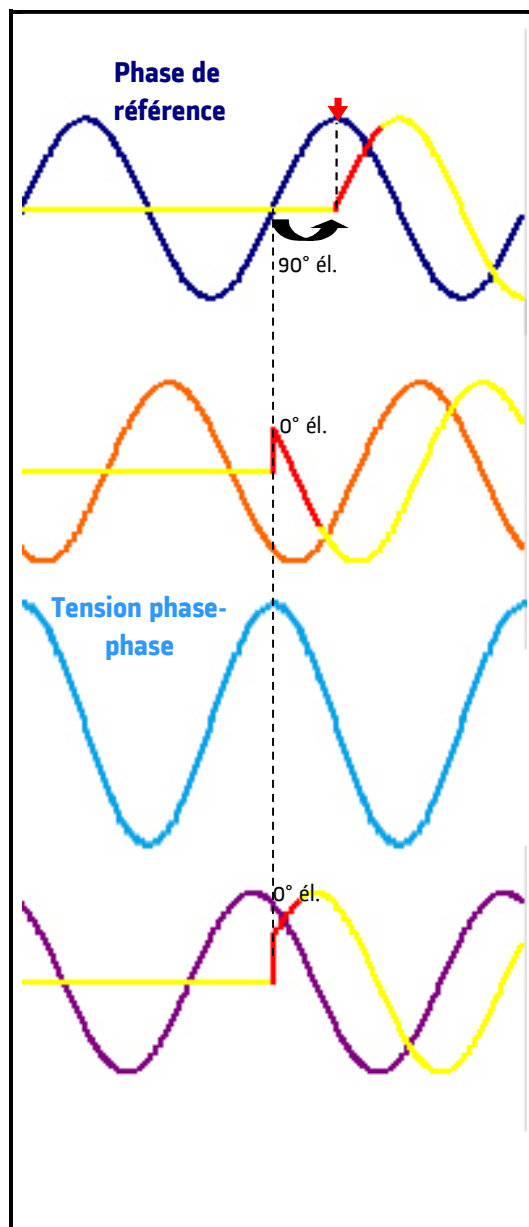


**Figure 98 :**  
**Séquence de commutation lors de l'excitation d'une batterie de transformateurs mise à la terre avec enroulements secondaires ou tertiaires couplés en étoile**



***neutre isolé***

Pour les charges avec neutre isolé, la fermeture d'une seule phase n'est pas nécessaire. Deux phases doivent être fermées en premier, à une date à laquelle leur tension phase-phase est maximale, i.e. 1/4 de période avant le pic de phase de référence (voir sur la Figure 99) :



**Figure 99 :**  
**Séquence de commutation lors de l'excitation d'une batterie de transformateurs mise à la terre avec enroulements secondaires ou tertiaires couplés en étoile**

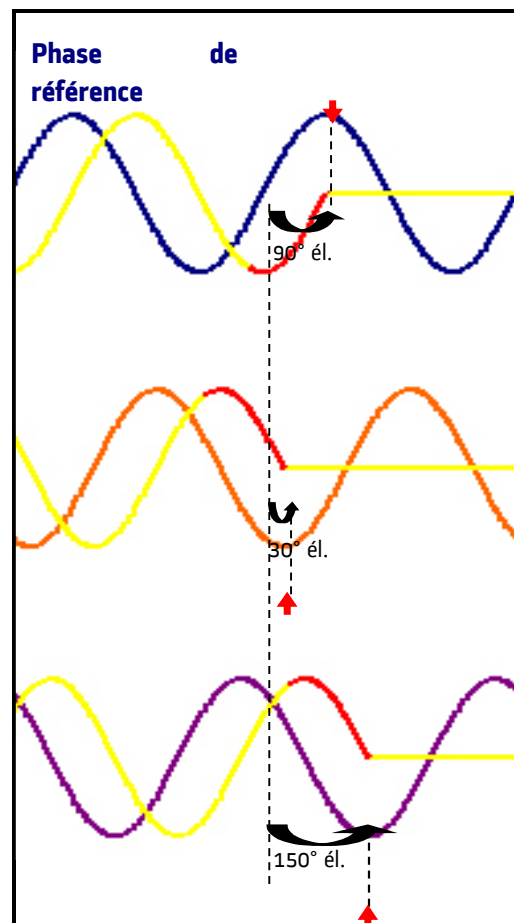
#### 4-2.2 Manœuvres d'ouverture

La coupure de faibles courants inductifs peut entraîner des surtensions de commutation élevées en cas de hachage du courant ou de ré-amorçage dans les interrupteurs de l'appareillage.

##### *neutre à la terre*

La Figure 100 illustre la séquence de commutation appliquée par le RPH3 si la charge présente un mode neutre à la terre :

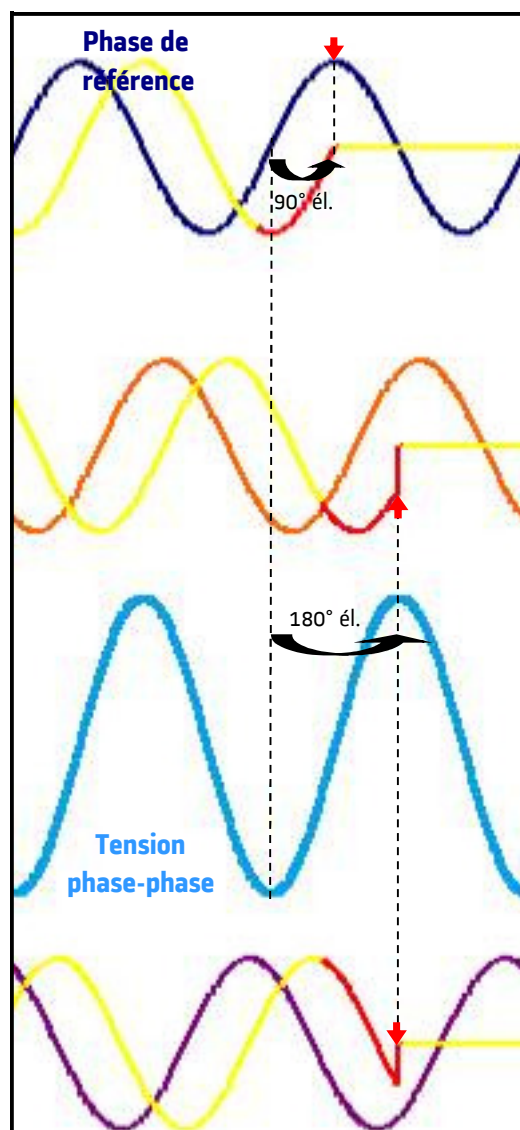
Le courant à travers chaque phase est interrompu sur le pic de tension associé.



**Figure 100 :**  
**Séquence de commutation lors de la désexcitation des transformateurs ou des réactances (neutre à la terre)**

*neutre isolé*

Pour les charges avec neutre isolé, la phase de référence est ouverte en premier sur son pic de tension, suivie des deux autres phases sur le pic de leur tension phase-phase (correspondant au passage par zéro de la tension de référence), comme illustré sur la Figure 101 :



**Figure 101 :**  
**Séquence de commutation lors de la désexcitation des transformateurs ou des réactances (neutre isolé)**

## 4-3 Commutation de réactances shunt HT simple noyau non-saturables

Le programme de commutation « réactance shunt » doit être sélectionné avec le mode neutre approprié (« à la terre » ou « isolé »).

Si le RPH3 doit être utilisé pour l'ouverture synchrone uniquement, le programme « Transformateur » peut également être utilisé (les points cibles pour l'ouverture sont identiques dans ces 2 programmes).

### 4-3.1 Manœuvres de fermeture

Pour ce type d'application, le point cible de chaque phase est choisi synchrone au pic de tension associé afin d'éviter des processus transitoires, car il n'y a aucun couplage entre les phases, comme illustré ci-dessous :

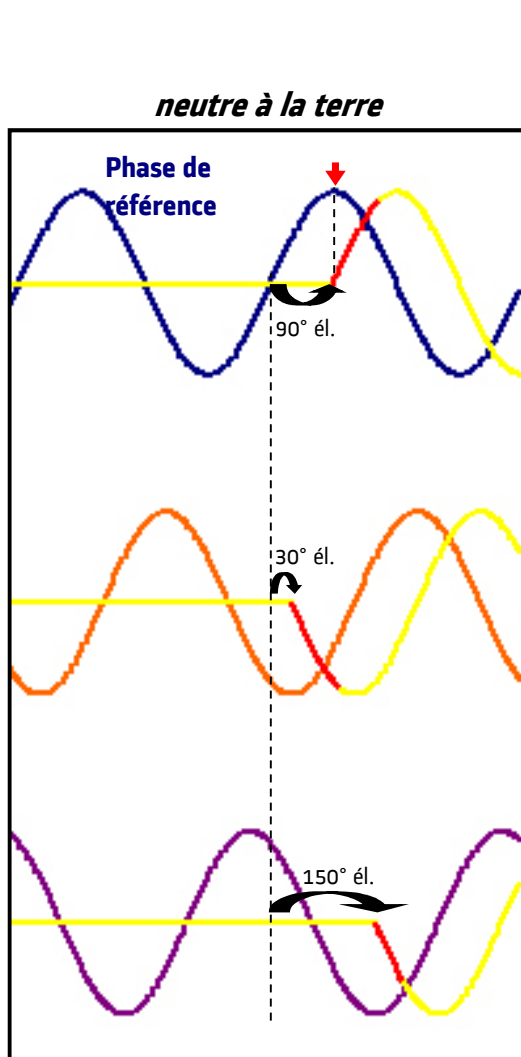


Figure 102 : Séquence de commutation lors de l'excitation d'une réactance à simple noyau (neutre à la terre)

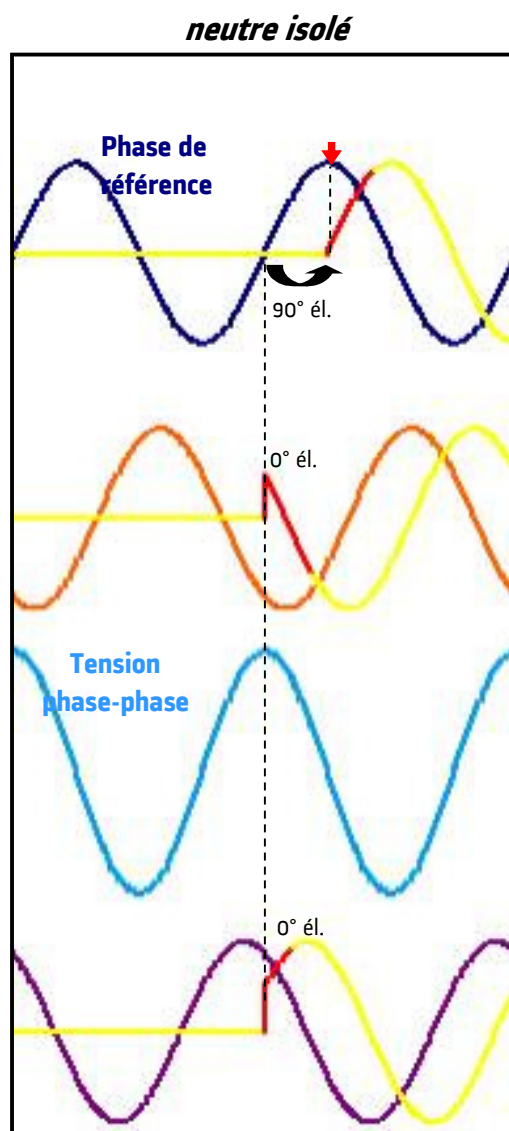


Figure 103 : Séquence de commutation lors de l'excitation d'une réactance à simple noyau (neutre isolé)

### 4-3.2 Manœuvres d'ouverture

Le RPH3 fonctionne de la même manière pour l'ouverture de l'appareillage sur les réactances que sur les transformateurs. Se reporter à la section 4-2.2 pour de plus amples détails.

## 4-4 Commutation de condensateurs HT

Des courants d'appel élevés et des surtensions importantes peuvent se produire en cas de commutation aléatoire des condensateurs, notamment si la commutation se produit aux pics de tension. L'effet de la commutation parallèle des condensateurs peut être particulièrement important (applications « back-to-back »), car des surtensions élevées peuvent se produire en raison des réflexions à la fin des réseaux radiaux, dont les effets peuvent être limités par la commutation PoW.

Le programme de commutation « Condensateur » doit être sélectionné avec le mode neutre approprié (« à la terre » ou « isolé »).

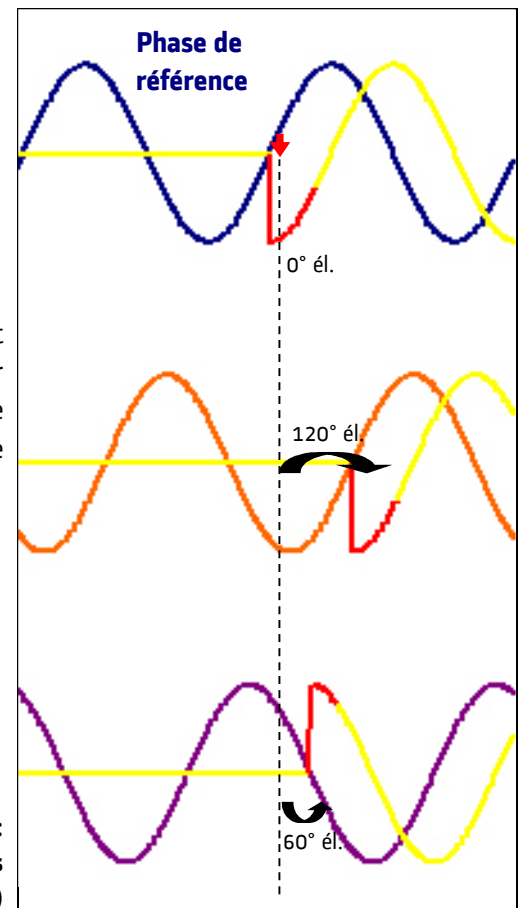
### 4-4.1 Manœuvres de fermeture

#### 4-4.1-1 Batteries de condensateurs

Lorsqu'une batterie de condensateurs initialement non chargés doit être excitée, elle se comporte comme un court-circuit (tension 0 sur ses bornes) à charger avec des courants d'appels haute fréquence / haute amplitude. La tension sur le condensateur augmente avec son processus de charge de 0 jusqu'au niveau nominal HT.

#### *neutre à la terre*

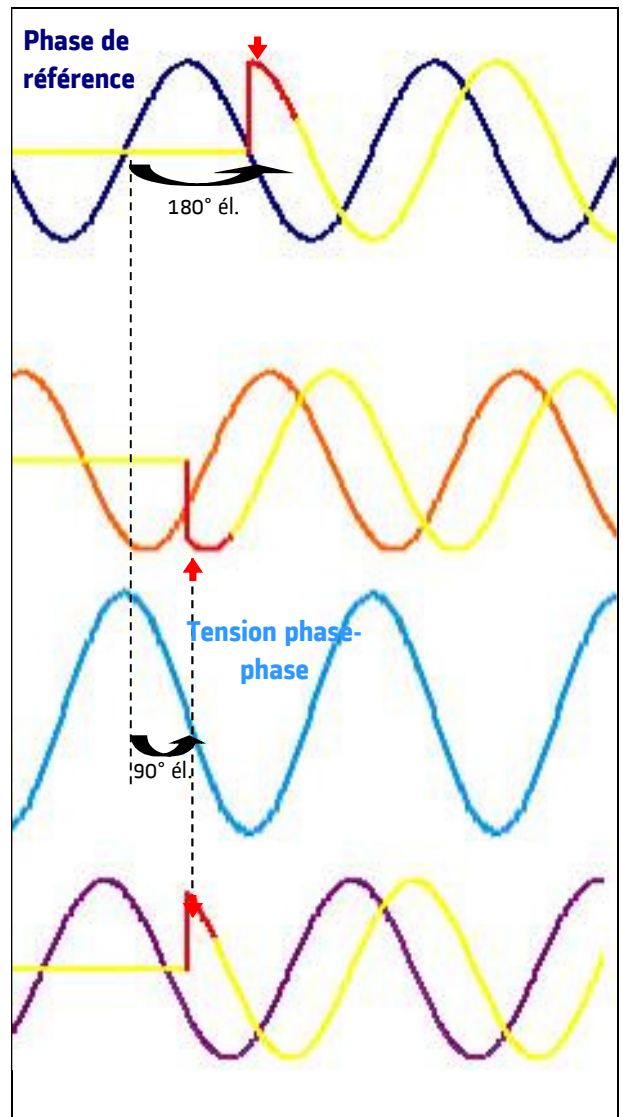
La chute de tension se produisant au début du processus de charge peut affecter la qualité du réseau électrique. C'est pourquoi le point cible pour l'excitation des batteries de condensateurs est choisi synchrone à chaque passage de la tension par zéro (voir la Figure 104), limitant ainsi l'amplitude et la fréquence des courants de charge.



**Figure 104 :**  
**Séquence de commutation lors de l'excitation d'une batterie de condensateurs**  
**(neutre à la terre, initialement déchargée)**

### *neutre isolé*

Pour les charges avec neutre isolé, la fermeture d'une seule phase n'est pas nécessaire. Deux phases doivent être fermées en premier, à une date à laquelle leur tension phase-phase est nulle, i.e.  $\frac{1}{4}$  de période avant le passage par zéro de la phase de référence (voir sur la Figure 105).



**Figure 105 :**  
**Séquence de commutation lors de l'excitation d'une batterie de condensateurs (neutre isolé, initialement déchargée)**

#### 4-4.1-2 [Batteries de condensateurs dans les applications « back-to-back »](#)

L'amplitude et la fréquence des courants d'appel sont plus importantes si une seconde batterie de condensateurs est excitée à proximité de la première. L'impédance de leur circuit de raccordement est le premier facteur limitant des courants d'appel. Toutefois, même avec des circuits de raccordement à haute impédance, une baisse significative peut se produire sur la tension du réseau pendant l'excitation « back-to-back » de la batterie de condensateurs.

Dans ce cas, le point cible le mieux adapté pour l'excitation de la première batterie de condensateurs (initialement déchargée) est le moment où sa tension est la même que sur la seconde batterie de condensateurs (initialement chargée).

La seule solution consiste à sélectionner un point cible synchrone aux passages par zéro de la tension sur chaque batterie, comme illustré dans la section 4-4.1-1 ci-dessus.

#### 4-4.2 [Manœuvres d'ouverture](#)

La coupure des courants capacitifs n'est pas un problème pour les appareillages modernes. Cela n'implique pas des processus transitoires significatifs.

Si le RPH3 est utilisé pour les manœuvres d'ouverture synchrone sur des batteries de condensateurs, il applique les mêmes points cibles que pour les transformateurs (se reporter à la section 0).

## 4-5 Commutation des lignes de transport HT

Pour ce type d'application, le RPH3 doit être utilisé avec la variante correspondante du firmware intégré : « RPH3-L ».

### 4-5.1 Manœuvres de fermeture

Les manœuvres de fermeture et de réenclenchement de l'appareillage sur les lignes de transport non chargées génèrent une onde de tension qui, lorsqu'elle est reflétée par l'extrémité ouverte de la ligne, peut entraîner des surtensions significatives le long de la ligne avec un maximum près de son point de terminaison.

L'amplitude de ces surtensions peut avoir un impact important sur le coût de la ligne, car elle détermine le niveau d'isolement pour chaque tour de la ligne.

Les manœuvres de réenclenchement sur les lignes entraînent des surtensions plus élevées que celles générées par une simple fermeture. Cela est dû au fait que la ligne peut avoir retenu une charge piégée avec la polarité opposée. La tension ainsi obtenue peut doubler l'amplitude de celle qui aurait été obtenue avec une simple manœuvre de fermeture sur la même ligne non chargée. Néanmoins, le réenclenchement ne doit être utilisé qu'en cas de défaut sur le réseau et si les processus transitoires associés à limiter par le contrôleur PoW dépendent de la stratégie de protection appliquée pour le réenclenchement :

- réenclenchement monophasé : cette stratégie n'entraîne pas de transitoires significatifs, car la ligne a été déchargée par le défaut (les chances de réenclenchement sur une charge piégée sont limitées aux cas des défauts biphasés et des réenclenchements triphasés intempestifs)
- réenclenchement 3 phases : cette stratégie peut entraîner des surtensions élevées, car le réenclenchement d'au moins 2 phases saines sur 3 (> 90 % des défauts de ligne sont dus à des défaillances d'une phase) est appliqué sur la charge piégée.

Ainsi, la stratégie optimale à appliquer par le RPH3 consiste à fermer ou réenclencher chaque interrupteur du disjoncteur lorsque la tension sur ses bornes est la plus proche possible de zéro afin de propager l'onde de tension la plus petite possible le long de la ligne et ainsi limiter la surtension.

Toutefois, l'application de ce type de stratégie nécessite la prise en compte de la présence des TP de ligne et de leur type (conception), car ils affectent considérablement le processus de charge de la ligne. Ils peuvent être de 2 types différents :

- TP « inductifs » qui déchargent la ligne.
- TP « capacitifs » (conventionnels ou non) qui ne déchargent pas la ligne.

4-5.1-1 Lignes alimentées par des transformateurs de potentiel inductifs

Suite à une ouverture d'une ligne non chargée, les TP inductifs déchargent rapidement la ligne (généralement en moins de temps qu'il ne faut pour le réenclenchement). Par conséquent, le (ré-)enclenchement doit être appliqué sur une ligne déchargée de la même manière qu'il le serait sur un condensateur déchargé, comme illustré sur la Figure 106 ci-dessous :

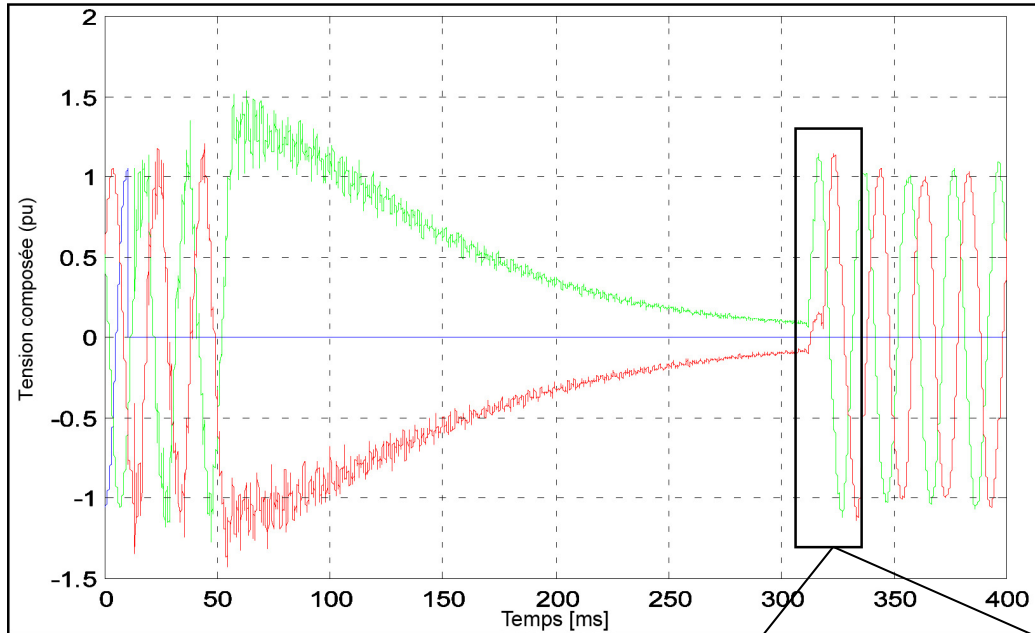


Figure 106 : Décharge et (ré-)enclenchement sur une ligne non compensée alimentée par un TP inductif

***lignes non compensées alimentées par des TP inductifs  
neutre à la terre***

Le point cible PoW pour chaque phase doit donc être défini sur le passage de la tension par zéro pour les manœuvres de fermeture et de réenclenchement, comme montré sur la Figure 107.

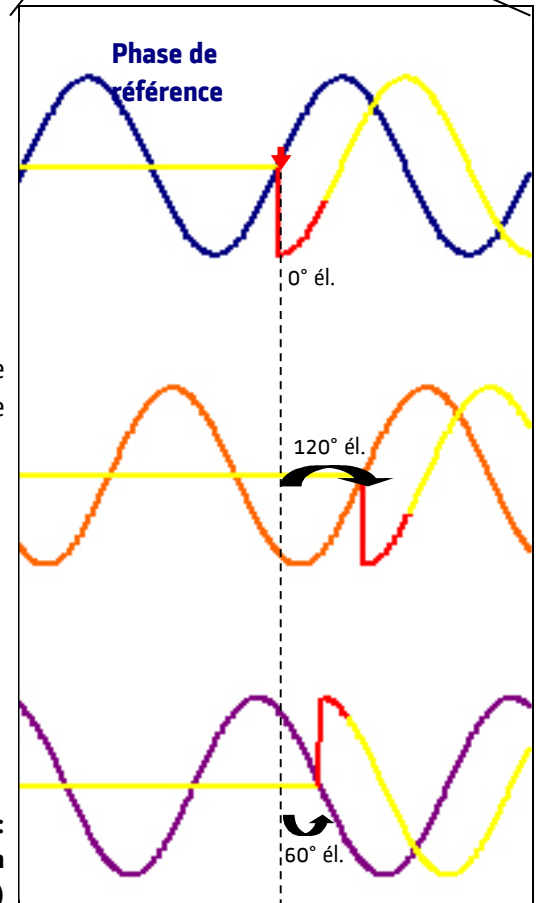
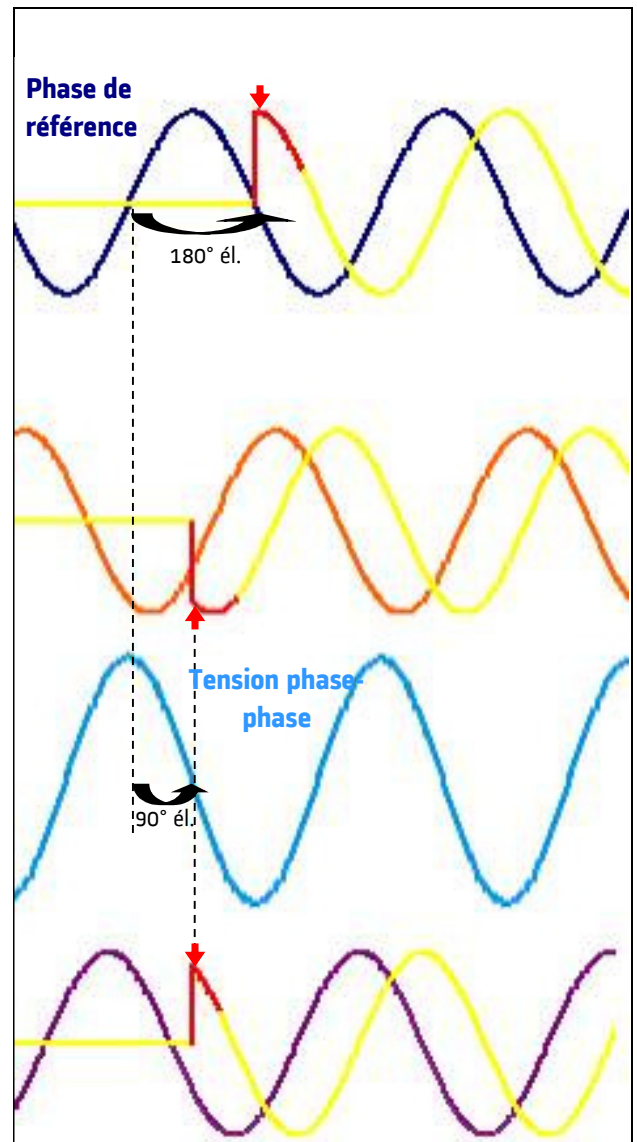


Figure 107 :  
Séquence de commutation lors du (ré-)enclenchement sur une ligne non compensée alimentée par des TP inductifs (neutre à la terre)



***lignes non compensées alimentées par des TP  
inductifs  
neutre isolé***

Si le mode neutre du réseau est isolé, la fermeture d'une seule phase n'est pas nécessaire. Deux phases doivent être fermées en premier, à une date à laquelle leur tension phase-phase est nulle, i.e.  $\frac{1}{4}$  de période avant le passage par zéro de la phase de référence (voir sur la Figure 108).



**Figure 108 :**  
**Séquence de commutation lors du (ré-)enclenchement sur une ligne**

4-5.1-2 Lignes alimentées par des transformateurs de potentiel capacitifs

Pour ce type d'application, la manœuvre de (ré-)enclenchement du PoW doit être exécutée différemment, selon le niveau de charge de la ligne :

- si la ligne est complètement déchargée, la manœuvre doit être gérée comme une simple fermeture sur une charge capacitive (se reporter à la section 4-4.1 pour une description détaillée).
- sinon, la charge piégée maintenue par la ligne peut changer en fonction des conditions atmosphériques. Le TP n'étant pas capable de mesurer la charge piégée, elle doit être évaluée (estimation).

Le contrôleur RPH3 assure automatiquement cette évaluation et actionne le disjoncteur grâce à la séquence suivante () :

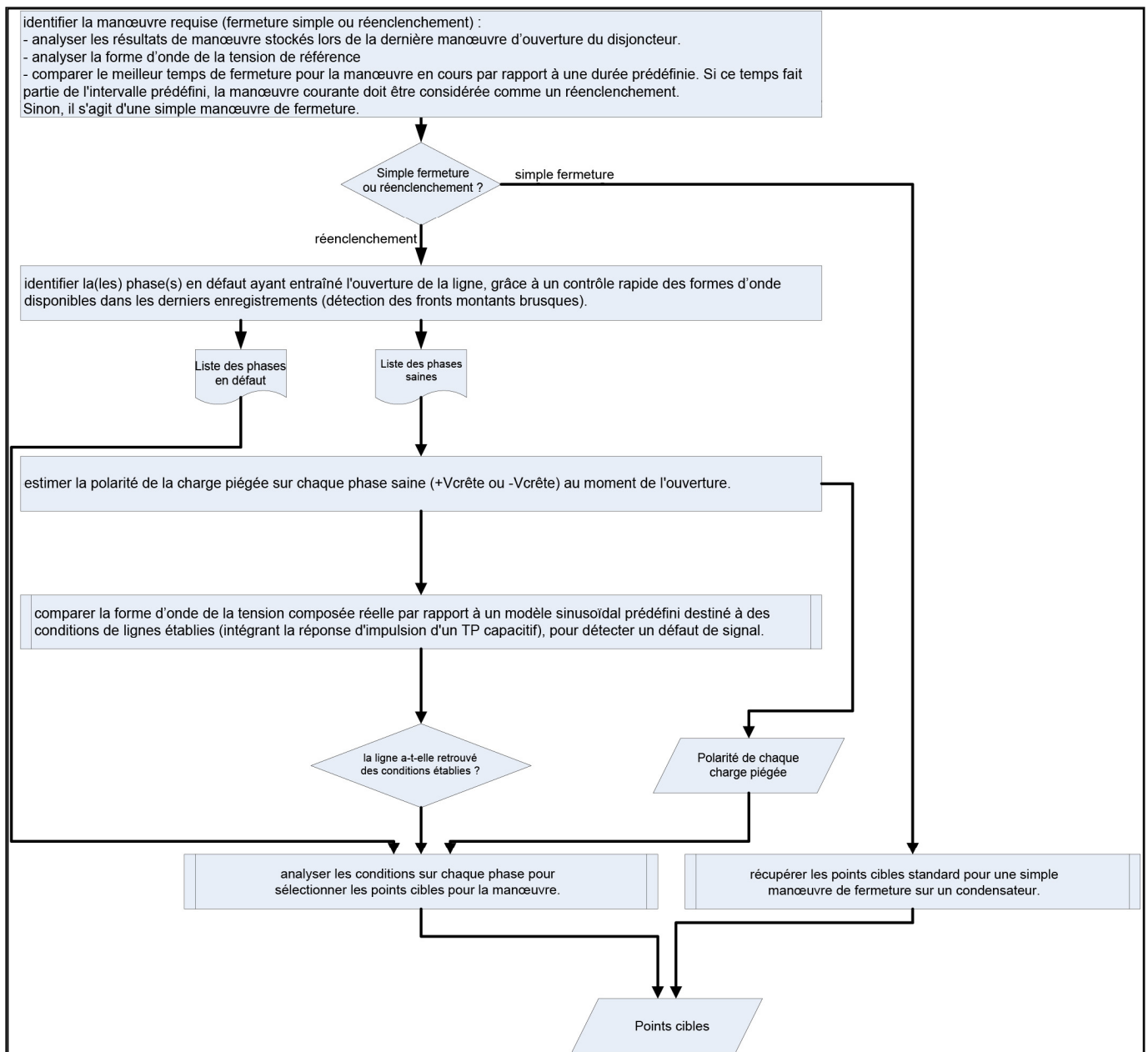


Figure 109 : Algorithme RPH3 pour le (ré-)enclenchement sur des lignes de transport non compensées alimentées par des TP capacitifs

A la fin de l'algorithme ci-dessus, chaque pôle est (ré-)enclenché de manière synchrone avec un pic de tension de référence dont le signe correspond à la polarité de la charge piégée dans la phase associée de la ligne, comme illustré sur la Figure 110 ci-dessous :

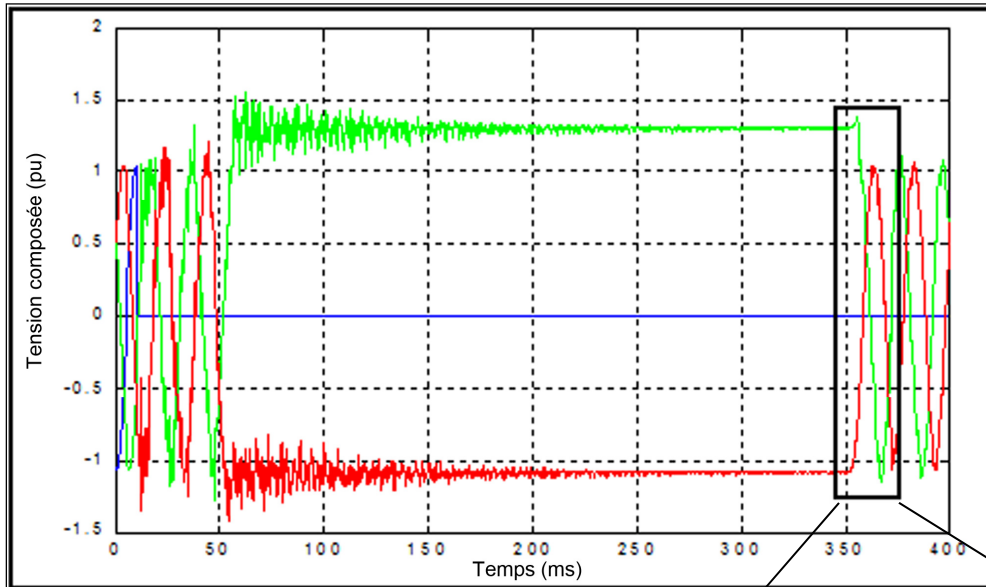


Figure 110: (Ré-)enclenchement sur une ligne non compensée alimentée par un TP capacitif

***lignes non compensées alimentées par des TP capacitifs neutre à la terre***

Le point cible PoW pour chaque phase doit être défini sur un pic de tension pour les manœuvres de réenclenchement par rapport à la polarité de la charge piégée, comme illustré sur la Figure 111 (exemple où seule la phase 2 est supposée en défaut avec une charge piégée positive)

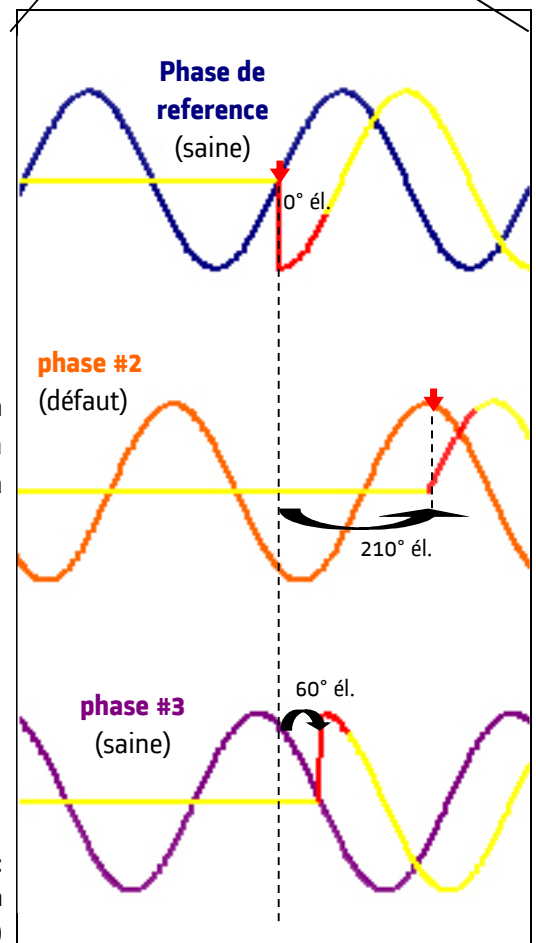


Figure 111 :  
Séquence de commutation lors du réenclenchement sur une ligne non compensée alimentée par des TP capacitifs (neutre à la terre)

#### 4-5.1-3 Lignes compensées par des réactances shunt

Les lignes compensées par des réactances shunt constituent un cas à part, car lorsque des lignes de ce type sont ouvertes, une oscillation apparaît sur la tension de ligne à une fréquence entre 50 et 90 % de la fréquence du réseau. La tension qui apparaît aux bornes de l'appareillage présente donc différents degrés de fluctuation, selon le degré de compensation.

Le degré de compensation shunt d'une ligne peut varier d'un moment à un autre en fonction de la puissance qui transite dans la ligne. Une ligne peut avoir zéro, une ou plusieurs réactances shunt connectées à différents moments, selon la charge. Ces différences de compensation se traduisent pas des différences de fréquence côté ligne entraînant un modèle de battement de forme d'onde de tension (différence de tension entre la source et la ligne) aux bornes de l'appareillage qui dépend de la compensation (voir Figure 112 et Figure 113).

La stratégie optimale dans ce cas consiste toujours à fermer ou réenclencher l'appareillage lorsque la tension sur ses bornes est la plus proche possible de zéro mais, dans ce cas, les conditions côté ligne ne peuvent pas être calculées et doivent être évaluées en temps réel. Le moment de commutation optimal pour le réenclenchement correspond au minimum du battement de tension.

Pour permettre une commutation contrôlée pour cette application, le contrôleur RPH3 procède d'abord à une identification des phases saines/en défaut puis sélectionne le point cible le mieux adapté au réenclenchement sur chaque phase, comme décrit dans la section 0.

Le contrôleur RPH3 utilise ses algorithmes puissants pour évaluer rapidement les paramètres et créer mathématiquement la meilleure représentation possible de l'onde de tension oscillante sur la ligne. Les mesures sont prises dans des fenêtres de temps fixes puis analysées avec la méthode de Prony.

Parallèlement à l'exécution de cet algorithme, le contrôleur RPH3 estime la tension source établie via des algorithmes de simplification (onde sinusoïdale en régime établi).

Lorsque les tâches précédentes sont terminées, le contrôleur RPH3 utilise l'ensemble des paramètres / informations ci-dessus (stockés) pour mieux prévoir la tension de ligne et le modèle de battement de tension aux bornes de l'appareillage. Ce modèle permet au logiciel du contrôleur RPH3 de calculer un ensemble des meilleures possibilités de temporisation pour la manœuvre de réenclenchement de chaque phase, à partir duquel il extrait des dates de réenclenchement optimales pour chaque phase puis sélectionne le temps de réenclenchement triphasé fournissant le plus petit délai entre le réenclenchement de la première phase et de la dernière.

Si, pour quelque raison que ce soit, (transitoires CEM, formes d'onde de ligne considérablement déformées, ...), le logiciel n'obtient pas un ensemble fiable de dates de réenclenchement d'ici la fin d'une fenêtre de temps réglable, la stratégie par défaut est alors appliquée par le RPH3 : réenclenchement au passage par zéro des tensions source (se reporter à la section 4-4.1-1).

**REMARQUE :** l'onde de tension côté ligne est mieux décrite comme la somme de fonctions sinusoïdales et exponentielles (amortissement, avec une constante de temps longue). La composante d'amortissement n'a aucune influence sur la localisation du modèle de battement minimum et est donc négligée par la suite.

La composante sinusoïdale présente une fréquence fondamentale entre 20 et 50 Hz.

La mesure de ce signal de ligne doit être la plus précise possible afin de garantir la précision des temps de réenclenchement.

Les transformateurs de potentiel inductifs sont généralement les mieux adaptés, mais les transformateurs de potentiel capacitifs (TPC), sont réglés à la fréquence industrielle, ne sont pas capables de reproduire avec précision les oscillations de la ligne.

Si la ligne est alimentée par un TPC, une autre solution de mesure de tension triphasée doit obligatoirement être mise en œuvre : NCIT ou transformateur purement capacitif.

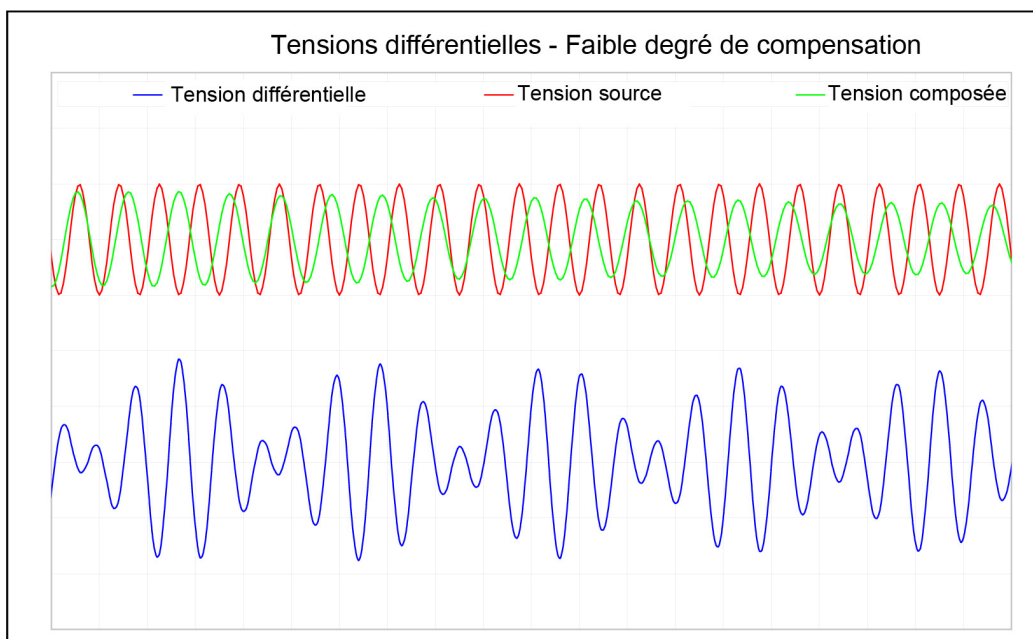


Figure 112 : Formes d'onde de tension - lignes avec un haut degré de compensation

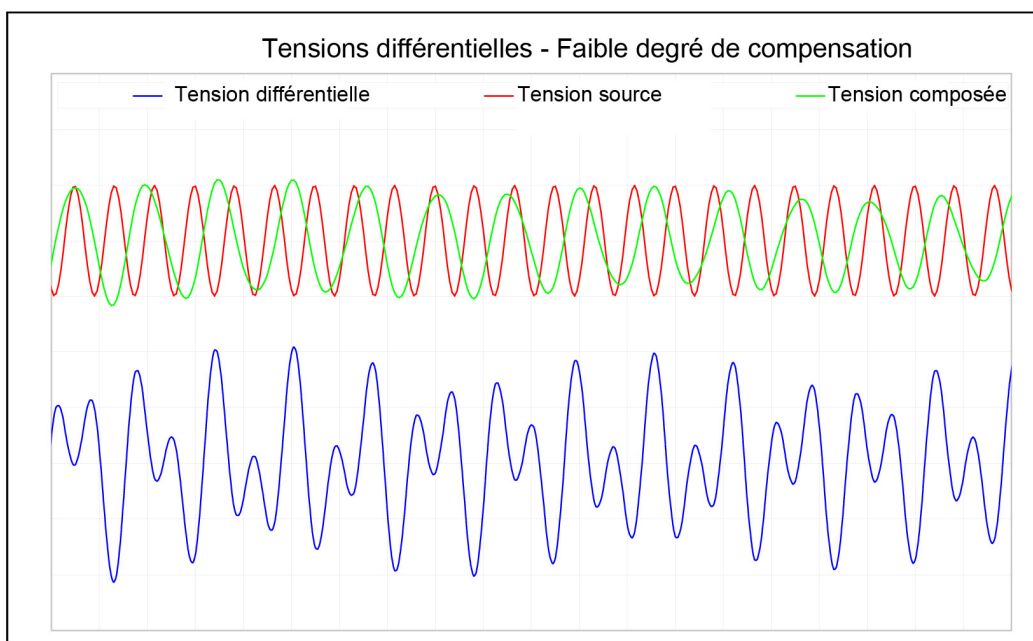


Figure 113 : Formes d'onde de tension - lignes avec un faible degré de compensation

#### 4-5.2 Manœuvres d'ouverture

Les manœuvres d'ouverture sur les lignes (compensées ou non) doivent être actionnées de la même manière que sur les batteries de condensateurs. Se reporter à la section 4-4.2 pour de plus amples détails.

## 4-6 Commutation de charges inductives équipées d'une résistance de mise à la terre du neutre (NGR)

Les réactances shunt ainsi que les enroulements primaires du transformateur peuvent être reliés à la terre via une quatrième réactance (Neutral Grounding Reactor – NGR).

Dans ce cas, les points cibles PoW optimaux pour les manœuvres d'ouverture de l'appareillage peuvent différer de ceux des programmes de commutation prédéfinis du RPH3, selon le rapport d'inductance  $r$  entre cette quatrième réactance et les réactances de charge :

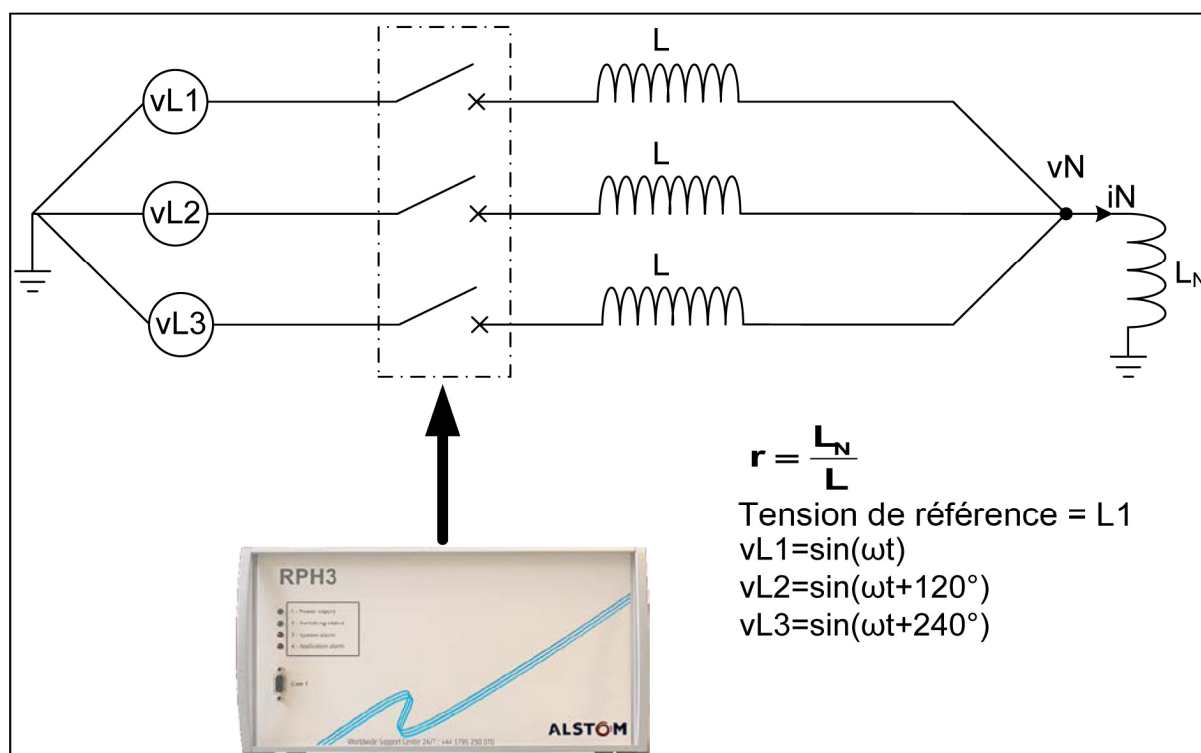


Figure 114 : Mise à la terre du neutre pour une charge inductive via une NGR

Les stratégies de commutation prédéfinies du RPH3 correspondent à des cas particuliers où  $r=0$  (mode neutre = « à la terre ») et  $r = +\infty$  (mode neutre = « isolé ») : dans ce cas, les dates de passage par zéro des courants correspondent aux pics de tension (angles de décalage =  $+90^\circ/+30^\circ/+150^\circ$  pour  $r=0$ ,  $+90^\circ/+180^\circ/+180^\circ$  pour  $r = +\infty$ ).

L'application de ces stratégies si  $r$  n'est ni nul ni infini introduirait une erreur dans la localisation des dates de passage par zéro du courant. Dans tous les cas, cette erreur ne dépasse jamais  $\sim 1,4$  ms (à 60 Hz) ou  $\sim 1,7$  ms (à 50 Hz).

Afin de garantir une erreur maximale de 0,5 ms dans la datation du passage par zéro du courant par le contrôleur RPH3, Alstom recommande de tenir compte des plages suivantes :

- $r < 0,3$  → Le mode neutre doit être « à la terre » et un programme de commutation prédéfini doit être sélectionné.
- $r > 1$  → Le mode neutre doit être « isolé » et un programme de commutation prédéfini doit être sélectionné.
- $0,3 \leq r \leq 1$  → Le mode neutre doit être « isolé » et un programme de commutation personnalisé prédéfini doit être sélectionné (« mode utilisateur »).

Dans ce dernier cas, les angles de décalage à considérer doivent être calculés comme suit (par rapport à la date de passage par zéro de la tension de référence) :

Programme de commutation du RPH3	Charge	Manœuvre	Uref			Uref + 120°			Uref + 240°		
			décalage angulaire	décalage temporel (ms)		décalage angulaire	décalage temporel (ms)			décalage temporel (ms)	
				à 50 Hz	à 60 Hz		à 50Hz	à 60Hz		à 50 Hz	à 60 Hz
« Utilisateur »	Transformateur	fermeture	90°	5	4.2	180°	10	8.3	180°	10	8.3
		ouverture	<i>Spécial</i>			30°	1.7	1.4	150°	8.3	6.9
« Utilisateur »	Réactance	fermeture	90°	5	4.2	30°	1.7	1.4	150°	8.3	6.9
		ouverture	<i>Spécial</i>			30°	1.7	1.4	150°	8.3	6.9

Tableau 8 : Programme de commutation personnalisé pour les charges inductives équipées de NGR

Pour les zones « Spécial », la formule suivante doit être calculée :

$$\text{Special} = 90^\circ + \text{ArcTan} \left( \frac{\sqrt{3}}{3 + \frac{r}{L}} \right)$$

$$\text{où } r = \frac{L_N}{L}$$

**REMARQUE 1 :** la séquence de commutation ne doit pas être modifiée par rapport à celle appliquée si le neutre réseau est effectivement mis à la terre ( $r = 0$ ) ou isolé ( $r = +\infty$ ) :

1. Uref + 120°
2. Uref
3. Uref + 240°

**REMARQUE 2 :** l'inductance d'une réactance donnée est obtenue à partir de sa tension nominale  $U_r$  et de sa puissance nominale  $P$  dans l'application considérée par :

$$L = \frac{U_r^2}{P \cdot \omega}, \text{ où } \omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

Alstom Grid

© - ALSTOM 2012. Le nom ALSTOM, le logo ALSTOM et toute variante de ces derniers sont des marques déposées et marques de service d'ALSTOM. Tout autre nom mentionné dans ce document, enregistré ou non, reste la propriété de leur société respective. Les données techniques et autre contenues dans ce document sont fournies à titre informatif uniquement. ALSTOM, ses dirigeants et ses employés déclinent toute responsabilité ou ne font aucune affirmation ni garantie (expresse ou implicite) quant à la précision ou à l'exhaustivité de ces données ou à l'atteinte des critères de performances prévus, le cas échéant. ALSTOM se réserve le droit de réviser ou de modifier ces données à tout moment sans avis préalable.

Crédit photo : Alstom Grid

Alstom Grid Worldwide Contact Centre  
[www.grid.alstom.com/contactcentre/](http://www.grid.alstom.com/contactcentre/)  
Tél : +44 (0) 1785 250 070

**[www.alstom.com](http://www.alstom.com)**