

CP CU1

Manuel d'utilisation



Version du manuel : FRA 1030 05 05

© OMICRON electronics GmbH 2018. Tous droits réservés.

Le présent manuel est une publication d'OMICRON electronics GmbH.

Tous droits réservés, y compris la traduction. Toute reproduction sous quelque forme que ce soit, par exemple, la photocopie, le microfilmage, la reconnaissance optique de caractères et/ou le stockage dans des systèmes de traitement de données électroniques, nécessite le consentement explicite d'OMICRON. La réimpression, en tout ou en partie, n'est pas autorisée.

Les informations sur le produit, les spécifications et les caractéristiques techniques contenues dans le présent manuel correspondent à l'état de la technique au moment de la rédaction et peuvent être modifiées sans avis préalable.

Nous avons tout mis en œuvre pour nous assurer que les informations fournies dans le présent manuel sont utiles, précises et complètement fiables. Toutefois, OMICRON n'assume aucune responsabilité pour les imprécisions éventuelles.

L'utilisateur est responsable de toute application utilisant un produit OMICRON.

OMICRON traduit le présent manuel de l'anglais vers plusieurs autres langues. Toute traduction du présent manuel est effectuée pour répondre à des besoins locaux et, en cas de conflit entre la version anglaise et une version dans une autre langue, la version anglaise du présent manuel prévaut.

Sommaire

	Utilisation de ce manuel	5
	Symboles de sécurité utilisés	5
	Documents connexes	6
1	Consignes de sécurité	7
1.1	Qualifications des utilisateurs	7
1.2	Normes et règles de sécurité	7
1.2.1	Normes de sécurité	7
1.2.2	Règles de sécurité	7
1.2.3	Accessoires de sécurité	8
1.3	Généralités	8
1.4	Montage de mesure	8
1.5	Mise en œuvre	9
1.6	Clause de non-responsabilité	9
1.7	Déclaration de conformité	10
1.8	Recyclage	10
2	Introduction	11
2.1	Utilisation prévue	11
2.2	Schéma fonctionnel du <i>CP CU1</i>	12
2.3	Utilisation du <i>CP CU1</i>	13
2.4	Boîtier de mise à la terre <i>CP GB1</i>	14
2.4.1	Description	14
2.4.2	Mise en court-circuit des phases	18
2.4.3	Remplacement des limiteurs de tension	19
2.5	Pince ampèremétrique	21
2.6	Nettoyage	21
2.7	Principe de fonctionnement du <i>CP CU1</i>	22
2.7.1	Sécurité	22
2.7.2	Méthodologie de mesure	23
3	Raccordement du <i>CP CU1</i> à une ligne de puissance	26
3.1	Premier critère : longueur de la ligne	27
3.2	Deuxième critère : tension en ligne ouverte estimée	27
3.3	Troisième critère : tension en ligne ouverte mesurée	30
3.4	Quatrième critère : courant de test injecté	32
3.5	Contrôle des quatre critères à l'aide de la carte de test Impédance de ligne	34
4	Mesure de l'impédance de ligne	36
4.1	Carte de test d'impédance de ligne	40
4.1.1	Configuration/Assistance	40
4.1.2	Page principale	41
4.1.3	Cycle de test	41
4.1.4	Résultats – Graphique	42
4.1.5	Résultats – Tableau	42
4.2	Mesure de l'impédance de ligne pour les lignes simples	43
4.2.1	Mesure de l'impédance de ligne à l'aide de la carte de test Sequencer du <i>CPC 100</i>	45
4.2.2	Mesure de l'impédance de ligne à l'aide de la carte de test d'impédance de ligne	46
4.3	Mesure de l'impédance de ligne pour les lignes double terre (couplage mutuel)	46
4.3.1	Mesure de l'impédance de ligne à l'aide de la carte de test Sequencer du <i>CPC 100</i> pour une ligne double terre49	
4.3.2	Mesure de l'impédance de ligne à l'aide de la carte de test d'impédance de ligne pour une ligne double terre50	

5	Mesures relatives aux installations de mise à la terre	51
5.1	Mesure de l'impédance du réseau de terre	55
5.1.1	Mesures sans <i>PTM</i> (indépendantes)	55
5.1.2	Mesures avec <i>PTM</i> (à l'aide d'une tablette Windows)	61
5.2	Mesure des tensions de contact et de pas	65
5.2.1	Mesures sans <i>PTM</i> (indépendantes)	65
5.3	Mesures avec <i>PTM</i> (à l'aide d'une tablette Windows)	72
5.4	Mesure du facteur de réduction	77
6	Mesure du couplage entre lignes et câbles de signaux	81
6.1	Réalisation des mesures	81
7	Caractéristiques techniques	85
7.1	Plages de sortie du <i>CP CU1</i>	85
7.2	Transformateurs de mesure du <i>CP CU1</i>	85
7.3	Entrées du <i>CP CU1</i>	85
7.4	Spécifications du <i>CP GB1</i>	86
7.5	Puissance de sortie	86
7.6	Précision	86
7.7	Conditions ambiantes	87
7.8	Caractéristiques mécaniques	87
7.9	Conformité aux normes	87
	Assistance	88

Utilisation de ce manuel

Ce manuel de référence fournit des informations détaillées sur l'utilisation sûre, correcte et efficace du module de couplage *CP CU1*. Il contient d'importantes instructions de sécurité liées à l'utilisation du *CP CU1* et vous permet de vous familiariser avec son fonctionnement. Il fournit également des exemples typiques d'utilisation. L'observation des instructions fournies dans ce manuel évitera des situations dangereuses, des frais de réparation et d'éventuelles pannes dues à une utilisation incorrecte.

Le Manuel d'utilisation du CP CU1 doit toujours être disponible sur le site d'utilisation du *CP CU1*. Tous les utilisateurs du *CP CU1* doivent le lire et se conformer à son contenu.

La lecture du Manuel d'utilisation du CP CU1 ne dispense pas du respect des réglementations de sécurité nationales et internationales applicables à l'utilisation du *CPC 100* et du *CP CU1*. La réglementation EN 50191 « Installation et exploitation des équipements électriques d'essais », ainsi que toutes les réglementations en vigueur pour la prévention des accidents dans le pays et sur le site d'utilisation doivent être respectées.

Symboles de sécurité utilisés

Ce manuel contient les symboles de sécurité suivants pour signaler certains dangers.



DANGER

Le non-respect des consignes de sécurité entraîne la mort ou de graves blessures.



AVERTISSEMENT

Le non-respect des instructions de sécurité peut entraîner la mort ou de graves blessures.



PRUDENCE

Le non-respect des instructions de sécurité peut entraîner des blessures légères ou modérées.

ATTENTION

Risque de détérioration du matériel ou de perte de données.

Documents connexes

Les documents suivants complètent les informations fournies dans le Manuel d'utilisation du CP CU1 :

Titre	Description
Manuel d'utilisation du CPC 100	Informations sur l'utilisation du système de test <i>CPC 100</i> et consignes de sécurité correspondantes
Manuel de référence du CPC 100	Informations détaillées sur le matériel et le logiciel du <i>CPC 100</i> et consignes de sécurité correspondantes
Manuel d'utilisation du HGT1	Informations sur l'utilisation du voltmètre FFT <i>HGT1</i> et consignes de sécurité correspondantes.

1 Consignes de sécurité

1.1 Qualifications des utilisateurs

Le travail sur des lignes aériennes est extrêmement dangereux. Les essais effectués à l'aide du *CP CU1* ne doivent être réalisés que par du personnel qualifié, compétent et agréé. Avant de commencer à travailler, établissez clairement les responsabilités.

Le personnel recevant une formation, des instructions ou des directives relatives au *CP CU1* doit rester sous la supervision permanente d'un opérateur expérimenté pendant l'utilisation de l'équipement.

1.2 Normes et règles de sécurité

1.2.1 Normes de sécurité

Les essais effectués à l'aide du *CP CU1* doivent être conformes aux normes de sécurité nationales et internationales répertoriées ci-dessous :

- EN 50191 (VDE 0104) « Installation et exploitation des équipements électriques d'essais »
- EN 50110-1 (VDE 0105 Partie 100) « Exploitation des installations électriques »
- IEEE 510 « IEEE Recommended Practices for Safety in High-Voltage and High-Power Testing »
- LAPG 1710.6 NASA « Sécurité électrique »

En outre, les lois et normes de sécurité internes doivent être respectées.

Avant d'utiliser le *CP CU1* et ses accessoires, il convient de lire avec attention les consignes de sécurité de ce User Manual.

N'allumez et n'utilisez le *CP CU1* que si vous avez pleinement compris les consignes de sécurité fournies dans le présent manuel. Si vous ne comprenez pas certaines des consignes de sécurité, prenez contact avec OMICRON avant de poursuivre.

Les travaux de maintenance et de réparation du *CP CU1* et de ses accessoires doivent être réalisés par des experts qualifiés dans des centres de réparation OMICRON uniquement (voir la section «Assistance» page 88).

1.2.2 Règles de sécurité

Respectez toujours les cinq règles de sécurité suivantes :

- ▶ Déconnectez complètement l'équipement à tester.
- ▶ Prenez les mesures nécessaires pour empêcher la reconnexion.
- ▶ Vérifiez que l'installation est hors tension.
- ▶ Effectuez toutes les opérations de raccordement à la terre et en court-circuit.
- ▶ Placez une protection sur tout élément proche susceptible d'être sous tension.

1.2.3 Accessoires de sécurité

OMICRON propose une gamme d'accessoires pour davantage de sécurité lors du fonctionnement de nos systèmes de test. Pour de plus amples informations et spécifications, consulter la fiche supplémentaire correspondante ou contacter l'assistance OMICRON.

1.3 Généralités

- ▶ Ne touchez aucune borne qui n'est pas visiblement reliée à la terre.
- ▶ Avant de manipuler le *CP CU1* ou le *CPC 100* de quelque façon que ce soit, raccordez-les à la terre par un branchement fiable d'une section minimale de 6 mm². Placez la terre du *CP CU1* le plus près possible du *CPC 100*.
- ▶ Utilisez le boîtier de raccordement à la terre *CP GB1* pour connecter le *CP CU1* à des lignes aériennes et à des câbles de puissance. Pour plus d'informations, reportez-vous au chapitre 3 «Raccordement du *CP CU1* à une ligne de puissance» page 26.
- ▶ Lorsque vous utilisez le *CP GB1*, raccordez-le à la terre à proximité de la connexion à l'équipement à tester. Vérifiez que le connecteur de terre est en bon état, propre et non oxydé.
- ▶ Vérifiez que tous les connecteurs et tous les câbles du *CP GB1* sont correctement serrés.
- ▶ N'ouvrez en aucun cas le boîtier du *CP CU1* ou du *CP GB1*.
- ▶ Ne réparez pas, ne modifiez pas et n'adaptez pas le *CP CU1*, le *CP GB1* ou leurs accessoires.
- ▶ Utilisez uniquement des accessoires d'origine OMICRON.
- ▶ Utilisez le *CP CU1*, le *CP GB1* ainsi que leurs accessoires uniquement dans un état technique correct et conformément aux réglementations. Évitez en particulier toute altération pouvant nuire à la sécurité.
- ▶ N'utilisez pas le *CP CU1* si vous portez un stimulateur cardiaque (pacemaker). Avant d'utiliser le *CP CU1*, vérifiez qu'aucune personne porteuse d'un tel appareil ne se trouve à proximité du montage de mesure.

1.4 Montage de mesure

- ▶ Avant d'utiliser le *CP CU1*, le *CPC 100* et le *CP GB1*, raccordez-les à la terre conformément aux instructions du chapitre 3 «Raccordement du *CP CU1* à une ligne de puissance» page 26.
- ▶ Lorsque vous utilisez le *CP GB1*, raccordez-le à la terre à proximité de la connexion à l'équipement à tester. Vérifiez que le connecteur de terre est en bon état, propre et non oxydé.
- ▶ Des tensions dangereuses atteignant 600 V peuvent apparaître sur tous les contacts du *CP GB1* ainsi que sur les pinces et les câbles raccordés au *CP CU1* pendant le test. Conservez une distance de sécurité.
- ▶ Utiliser des câbles de terre (MALT de travail) pour relier la ligne de puissance à la terre à l'extrémité proche lors de toute intervention sur le montage de mesure à l'intérieur de la zone de danger (par exemple lors du changement de connexions du *CP GB1* entre les boucles de mesure).
- ▶ Alimentez le *CP CU1* uniquement à partir de la sortie EXT. BOOSTER du *CPC 100*. Utilisez uniquement les câbles d'amplificateur fournis par OMICRON.
- ▶ Vérifiez que le shunt est toujours branché sur la sortie I AC du *CP CU1* lorsque la sortie n'est pas connectée à l'entrée I AC du *CPC 100*.
- ▶ Connectez la sortie I AC du *CP CU1* uniquement à l'entrée I AC du *CPC 100*.

- ▶ Avant de connecter le *CP CU1* avec le *CPC 100*, éteignez le *CPC 100* à l'aide du bouton d'alimentation (POWER ON/OFF) ou du bouton d'arrêt d'urgence.
- ▶ Réglez l'interrupteur de plage de courant situé à l'avant du *CP CU1* uniquement lorsque le *CPC 100* est éteint et que l'équipement à tester est raccordé à la terre.
- ▶ Outre les consignes de sécurité ci-avant, il convient de respecter les instructions fournies aux chapitres 4 et 5.

1.5 Mise en œuvre

Le Manuel d'utilisation du *CP CU1* ou le manuel électronique au format PDF doit toujours être disponible sur le site où le *CP CU1* est utilisé. Tous les utilisateurs du *CP CU1* doivent le lire et se conformer à son contenu.

Le *CP CU1* est utilisable uniquement dans les conditions décrites aux chapitres 3, 4 et 5. Toute autre utilisation serait contraire aux réglementations en vigueur. Le fabricant et/ou le distributeur ne sont pas responsables des détériorations résultant d'une utilisation incorrecte. L'utilisateur s'engage par conséquent à assumer seul l'ensemble des responsabilités et des risques.

Les réglementations en vigueur impliquent également le respect des instructions fournies dans ce User Manual.

1.6 Clause de non-responsabilité

Toute utilisation de l'équipement sous une forme non préconisée par le fabricant est susceptible de réduire la protection assurée par celui-ci.

1.7 Déclaration de conformité

Déclaration de conformité (UE)

L'équipement est conforme aux directives de l'Union Européenne visant à satisfaire aux exigences des états membres concernant la directive sur les basses tensions, et la directive RoHS.

1.8 Recyclage



Cet équipement de test (y compris tous les accessoires) n'est pas prévu pour un usage domestique. À la fin de sa durée de vie, ne pas mettre l'équipement de test au rebut avec les déchets ménagers !

Pour les clients dans les pays de l'UE (y compris ceux de l'Espace économique européen)

Les équipements de test OMICRON sont soumis à la directive relative aux déchets d'équipements électriques et électroniques (2012/19/CE) (directive DEEE). Dans le cadre de nos obligations légales en vertu de cette législation, OMICRON propose de reprendre l'équipement de test OMICRON et de veiller à ce qu'il soit remis à des installations de traitement autorisées.

Pour les clients en dehors de l'Espace économique européen

Contactez les autorités chargées des réglementations environnementales dans votre pays et mettez au rebut l'équipement de test OMICRON en stricte conformité avec les prescriptions légales en vigueur.

2 Introduction

2.1 Utilisation prévue

Le *CP CU1* est un appareil de couplage utilisé avec l'équipement de test *CPC 100* pour les mesures de lignes aériennes et de câbles de puissance.

Applications typiques :

- Mesure de l'impédance de ligne et du facteur k des lignes aériennes et des câbles de puissance
- Mesure du couplage mutuel pour les lignes doubles et multi-circuit
- Mesure de l'impédance de terre
- Mesure des tensions de pas et de contact
- Mesure du facteur de réduction
- Mesure du couplage entre lignes et câbles de signaux

Le boîtier de mise à la terre *CP GB1* (voir la section 2.4 «Boîtier de mise à la terre CP GB1» page 14) est un limiteur de tension qui protège le personnel et le matériel contre les hautes tensions pendant les mesures sur des lignes aériennes et des câbles de puissance, en cas d'événements inattendus sur la ligne.

Le *CP CU1* est un appareil complémentaire du *CPC 100* ; Le *CP CU1* ne doit être connecté à aucun autre appareil. Ne pas utiliser les accessoires pour des applications qui ne sont pas indiquées dans ce manuel de référence.

Toute utilisation du *CP CU1* autre que celles mentionnées ci-dessus est considérée comme incorrecte : elle annule non seulement toute demande de garantie, mais dégage également le fabricant de toute responsabilité juridique.

2.2 Schéma fonctionnel du CP CU1

La figure 2-1 ci-dessous illustre le schéma fonctionnel principal du module de couplage.

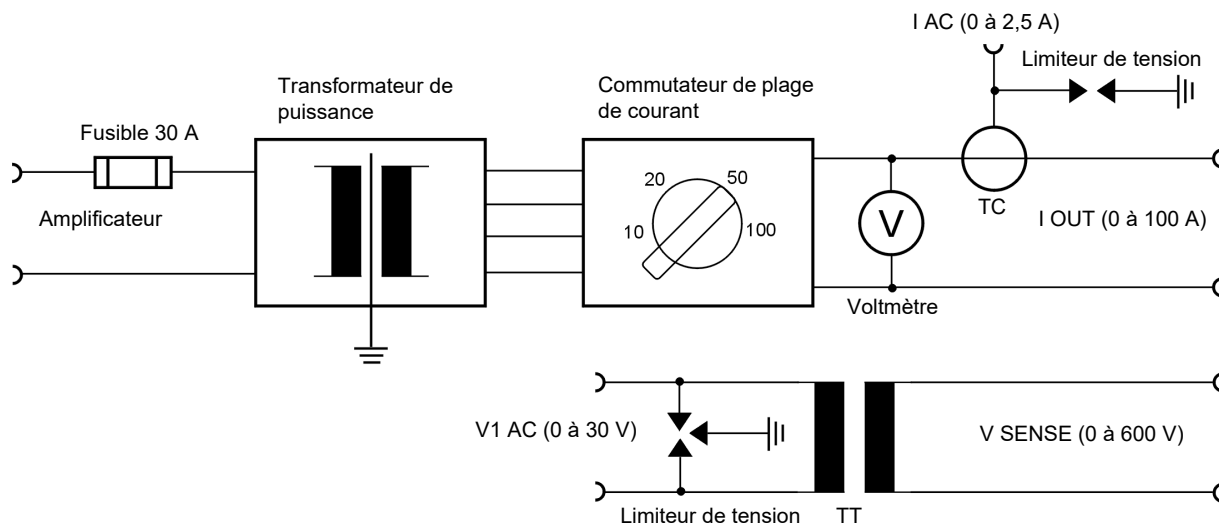


Figure 2-1: Schéma fonctionnel du CP CU1

2.3 Utilisation du CP CU1

- La face avant du CP CU1 présente les éléments fonctionnels suivants :
 - Entrée BOOSTER (amplificateur) pour une connexion à la sortie EXT. BOOSTER (amplificateur externe) du CPC 100
 - Commutateur de réglage de la plage de courant du CP CU1
 - Voltmètre de mesure de la tension aux bornes de l'équipement à tester
 - Sortie de courant I OUT
 - Sortie I AC pour la mesure du courant de sortie à l'aide d'un TC (transformateur de courant) avec le rapport de transformation 100 A:2,5 A. La sortie doit être connectée à l'entrée I AC du CPC 100.
 - Entrée V SENSE pour la mesure de la tension aux bornes de l'équipement à tester
 - Sortie V1 AC pour la mesure de la tension aux bornes de l'équipement à tester à l'aide d'un TT (transformateur de tension) avec le rapport de transformation 600 V:30 V. La sortie doit être connectée à l'entrée V1 AC du CPC 100.
 - Shunt de la sortie I AC lorsque la sortie n'est pas connectée à l'entrée I AC du CPC 100
 - Borne de terre équipotentielle pour le raccordement à la terre du CP CU1 à proximité des utilisateurs
- La figure 2-2 ci-dessous présente les éléments fonctionnels du CP CU1.

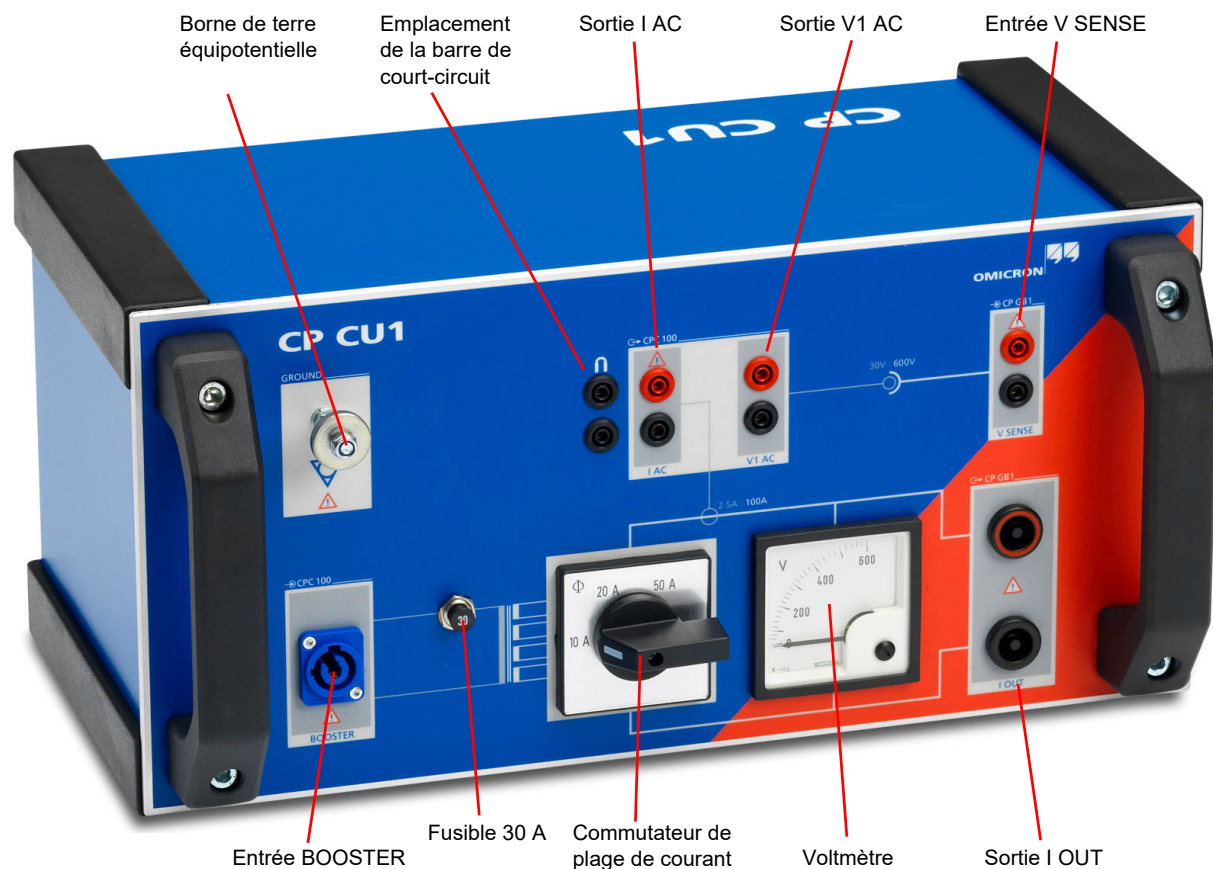


Figure 2-2: Face avant du CP CU1

2.4 Boîtier de mise à la terre CP GB1

2.4.1 Description

Le boîtier de mise à la terre *CP GB1* (voir la figure 2-3 ci-dessous) est un limiteur de tension permettant de connecter le *CP CU1* à l'équipement à tester. Si une haute tension se produit brièvement sur les bornes de l'équipement à tester, un arc décharge la tension et s'éteint, sans détruire le boîtier de mise à la terre. Si l'arc persiste, l'isolant du limiteur de tension fond et les bornes sont court-circuitées à la terre, ce qui protège les utilisateurs, le *CP CU1* et le *CPC 100*.

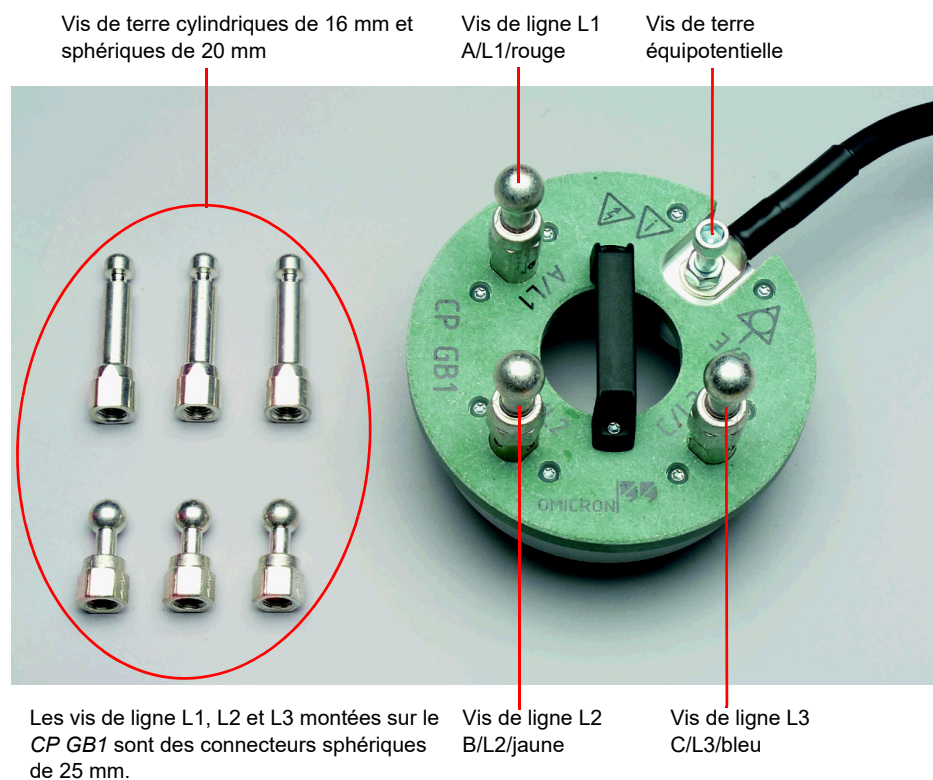


Figure 2-3: Boîtier de mise à la terre *CP GB1*

Le *CP GB1* est fourni avec des vis de terre cylindriques de 16 mm ainsi qu'avec des vis de terre sphériques de 20 et 25 mm (voir la figure 2-3 ci-dessus)

AVERTISSEMENT

Risque de mort ou de blessures graves causées par une tension ou un courant élevé

- Le boîtier de mise à la terre *CP GB1* doit être utilisé pour les mesures sur des lignes aériennes ou des câbles de puissance.

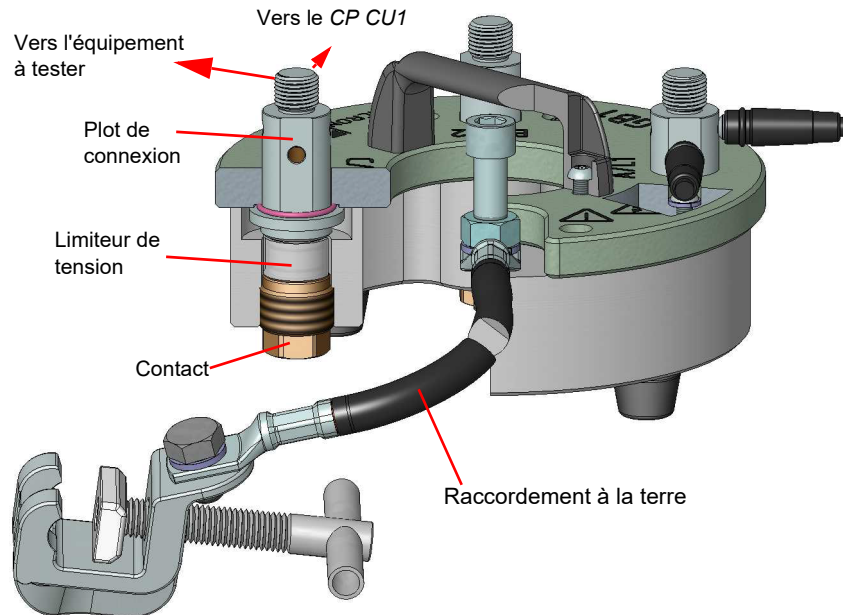


Figure 2-4: Vue en coupe du *CP GB1*

AVERTISSEMENT

Risque de mort ou de blessures graves causées par une tension ou un courant élevé

Mise à la terre insuffisante en raison de l'absence d'un ou de plusieurs limiteurs de tension

- Avant de raccorder le *CP GB1* à une ligne de puissance, toujours vérifier la présence de limiteurs de tension. Les signes suivants peuvent indiquer l'absence de limiteurs de tension :
 - Les vis d'installation du limiteur de tension sont davantage enfoncées que d'ordinaire (en raison de l'absence des limiteurs de tension au-dessus de celles-ci).
 - Les plots de connexion sont lâches et branlants.

Le boîtier de mise à la terre *CP GB1* convient pour trois types de connecteurs : vis de terre cylindriques de 16 mm, vis de terre sphériques de 20 mm et vis de terre sphériques de 25 mm. L'utilisation d'une pince de terre est indispensable pour un raccordement à la terre en toute sécurité entre le *CP GB1* et la terre du poste. Les pinces de serrage compatibles avec les différents types de vis de terre du poste sont répertoriées dans le tableau 2-1 ci-après.



AVERTISSEMENT

Risque de mort ou de blessures graves causées par une tension ou un courant élevé

L'emploi d'une pince de terre d'un certain type pour un point de terre d'un autre type est extrêmement dangereux, à la fois pour la connexion de l'équipement de mise à la terre au *CP GB1* et pour la connexion du *CP GB1* au point de terre du poste.

- En fonction des vis de terre du poste, utiliser l'équipement de raccordement et la pince de terre adaptés.

Les pinces de terre de 16 à 20 mm sont conçues et testées pour des courants de défaut jusqu'à 26,5 kA, et les pinces de terre de 25 mm pour des courants de défaut jusqu'à 30 kA. Ces pinces acceptent une durée maximale de 100 ms.

- Il convient de ne pas utiliser le *CP CU1* et le *CP GB1* lorsque des courants de défaut plus élevés sont possibles.

Tableau 2-1: Combinaisons vis de terre/pince de serrage possibles

Vis de terre du poste		Pince de terre compatible
Vis de terre cylindrique de 16 mm		Pince de terre de 16 à 20 mm (pour les vis cylindriques de 16 mm et les vis sphériques de 20 mm du <i>CP GB1</i>) 
Vis de terre sphérique de 20 mm		

Tableau 2-1: Combinaisons vis de terre/pince de serrage possibles

Vis de terre du poste		Pince de terre compatible
Vis de terre sphérique de 25 mm		Pince de terre de 25 mm (pour les vis de 25 mm du <i>CP GB1</i>) 

Figure 2-5: Serrage des vis de terre du *CP GB1*

Les vis de terre du *CP GB1* sont généralement retirées pour le transport. Dans ce cas, les monter sur le *CP GB1* à l'aide de la clé fournie et les serrer au maximum (voir la figure 2-5 ci-avant).

2.4.2 Mise en court-circuit des phases

Un câble à trois fils est fourni avec le *CP GB1* pour court-circuiter les phases pour les mesures L1||L2||L3-E.

Consulter les figures suivantes :

- Figure 4-9: «Connexion des pinces pour les boucles de mesure 2 à 7» page 44
- Figure 4-11: «Connexion des pinces et état du sectionneur de terre à l'extrémité proche de la ligne pour les boucles de mesure 2 à 8» page 48
- Figure 5-5: «Montage de mesure de l'impédance du réseau de terre» page 55
- Figure 5-15: «Montage de mesure des tensions de contact et de pas» page 65
- Figure 5-28: «Montage de mesure du facteur de réduction» page 77
- Figure 6-3: «Montage de mesure du couplage entre lignes/câbles pour la mesure ligne-terre» page 83
- Figure 6-4: «Montage de mesure du couplage entre lignes/câbles pour l'étalonnage ligne-terre» page 84



Figure 2-6: Câble à trois fils

Pour court-circuiter les phases, raccorder les vis de ligne du *CP GB1* tel qu'illustré à la figure 2-7 ci-dessous.

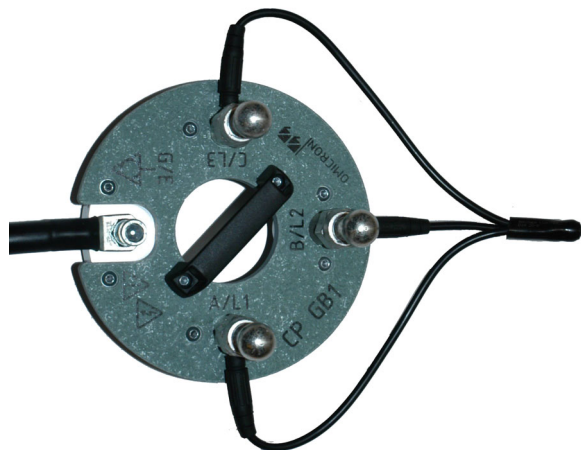


Figure 2-7: Mise en court-circuit des phases

2.4.3 Remplacement des limiteurs de tension

Les limiteurs de tension du *CP GB1* peuvent court-circuiter à la terre en permanence les bornes du *CP GB1* en cas de surtension. Même de brefs phénomènes transitoires peuvent provoquer une décharge ; si l'énergie est trop élevée, cela peut endommager le limiteur de tension. Des limiteurs de tension défectueux peuvent entraîner des résultats de mesure erronés. Si les résultats de mesure obtenus avec le *CP GB1* sont notablement différents des valeurs attendues, contrôler les limiteurs de tension à l'aide du *CPC 100* comme suit.

Test d'un limiteur de tension à l'aide de la carte de test **Tenue_tension**

Appliquer une tension de 500 V pendant au moins 10 secondes à l'aide de la carte de test

Tenue_tension fournie dans l'ensemble de cartes de test Résistance. Définir un courant de test de 0,01 A. Si le courant est dépassé, un message d'erreur s'affiche. Dans ce cas, le limiteur de tension testé est défectueux : il doit être remplacé. Si aucun message d'erreur ne s'affiche, le limiteur de tension est intact. Pour plus d'informations sur ce test, consulter le Manuel de référence du *CPC 100*. Répéter le test pour les trois connecteurs A/L1, B/L2 et C/L3.

Test d'un limiteur de tension à l'aide de la carte de test **Sequencer**

Remarque: selon le module de licence associé au *CPC 100*, il est possible que vous ne disposiez pas de la carte de test **Tenue_tension** (elle n'est pas fournie avec le module *CPC 100 + CP CU1*, par exemple, puisqu'elle n'est pas requise pour les mesures pouvant être réalisées à l'aide du *CP CU1*). Dans ce cas, utiliser la carte de test **Sequencer** du *CPC 100*.

V	Hz	Trigger	Seuil	s
500.0	50.00	I Out > 0.010000	10.000	

Figure 2-8: Configuration de la carte de test Sequencer à des fins de test des limiteurs de tension

Procéder comme suit pour utiliser la carte de test Sequencer et consulter la figure 2-8 ci-avant.

1. Ouvrir la carte de test Sequencer tel que décrit dans le manuel d'utilisation du *CPC 100*.
2. Définir la plage de sortie sur **AC 2kV**.

Les canaux de mesure sont alors automatiquement définis sur **V Out** et **I Out**.

3. Sélectionner **Bin/Temps** dans la liste déroulante située à coté des canaux de mesure.
4. Définir une tension de 500 V et une fréquence de 50 Hz.
5. Définir le trigger sur **I Out** et le seuil sur 0,01 A.
6. Définir une limite de temps de 10 s.
7. Cocher la case **EST (Éteindre Sur Trigger)**.
8. Procéder au test des trois connecteurs A/L1, B/L2 et C/L3.

Si le seuil **I Out** de 0,01 A est dépassé avant la fin de la mesure (10 s), cela signifie que le limiteur de tension testé est défectueux.

Remplacer les limiteurs de tension défectueux uniquement par des pièces d'origine OMICRON (voir la figure 2-9 ci-dessous). Pour toute demande d'informations commerciales, contacter l'agence OMICRON.



Figure 2-9: Limiteurs de tension

Pour remplacer un limiteur de tension :

1. Débrancher complètement le *CP GB1* en veillant à respecter les cinq règles de sécurité présentées à la section 1.2.2 «Règles de sécurité» page 7.
2. Ouvrir la chambre du limiteur de tension à l'aide d'une clé de 22 mm, en retirant la vis de contact (voir la figure 2-10 ci-dessous).

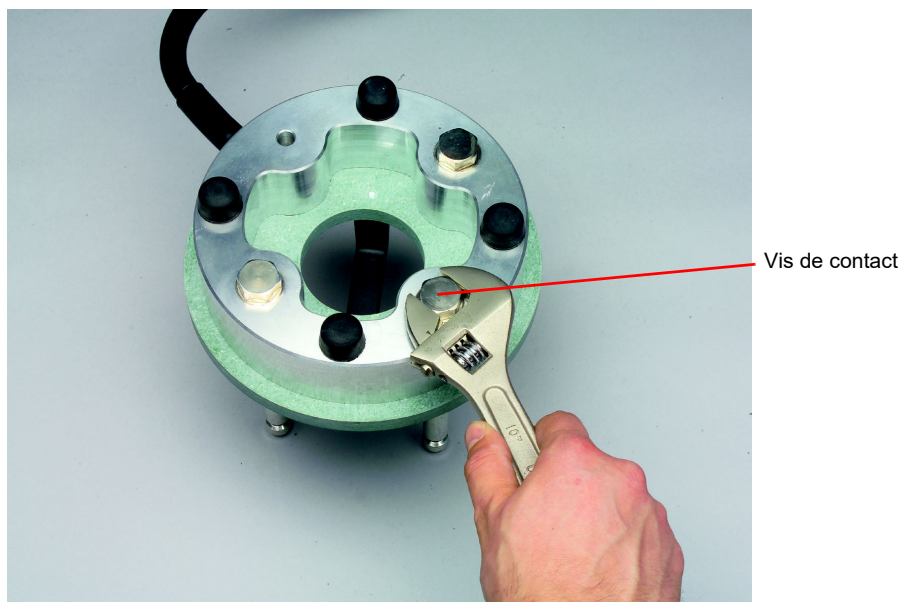


Figure 2-10: Ouverture de la chambre du limiteur de tension

3. Placer le *CP GB1* à la verticale et déplacer le plot le long de la chambre du limiteur de tension jusqu'à ce que celui-ci ressorte.
4. Remplacer le limiteur de tension défectueux par un neuf.
5. Resserrer la vis de contact au maximum (couple de 15 à 20 Nm).

2.5 Pince ampèremétrique

Une pince ampèremétrique 50/60 Hz CA (voir la figure 2-11 ci-après) est disponible auprès d'OMICRON en tant qu'accessoire. Pour toute demande d'informations commerciales, contacter l'agence OMICRON. Noter toutefois qu'il s'agit d'un appareil tiers. Pour en savoir plus, consulter la documentation fournie avec le produit.



Figure 2-11: Pince ampèremétrique (illustration fournie à titre d'information uniquement)

2.6 Nettoyage

AVERTISSEMENT



Risque de mort ou de blessures graves causées par une tension ou un courant élevé

► Avant de procéder au nettoyage, déconnecter le dispositif.

► Pour nettoyer l'un des dispositifs mentionnés dans ce manuel, utiliser un tissu imbibé d'isopropanol ou d'eau.

2.7 Principe de fonctionnement du CP CU1

2.7.1 Sécurité

Le CP CU1 est conçu pour réaliser des mesures sur des lignes aériennes ou des câbles de puissance. Par mesure de sécurité, il CP CU1 est fourni avec un transformateur d'adaptation, un transformateur de courant et un transformateur de tension, qui assurent une isolation galvanique entre l'opérateur et l'équipement testé (ligne pointillée orange dans la figure 2-12 ci-dessous). Par ailleurs, le CP GB1 protège le CP CU1 et l'opérateur en cas d'événements inattendus sur la ligne en détournant les courants de court-circuit élevés. L'isolation du CP CU1 est conçue pour résister à des tensions bien plus élevées que les limiteurs de tension du CP GB1.

Remarque: noter que ceci n'est valable qu'en cas de respect de la zone de danger.

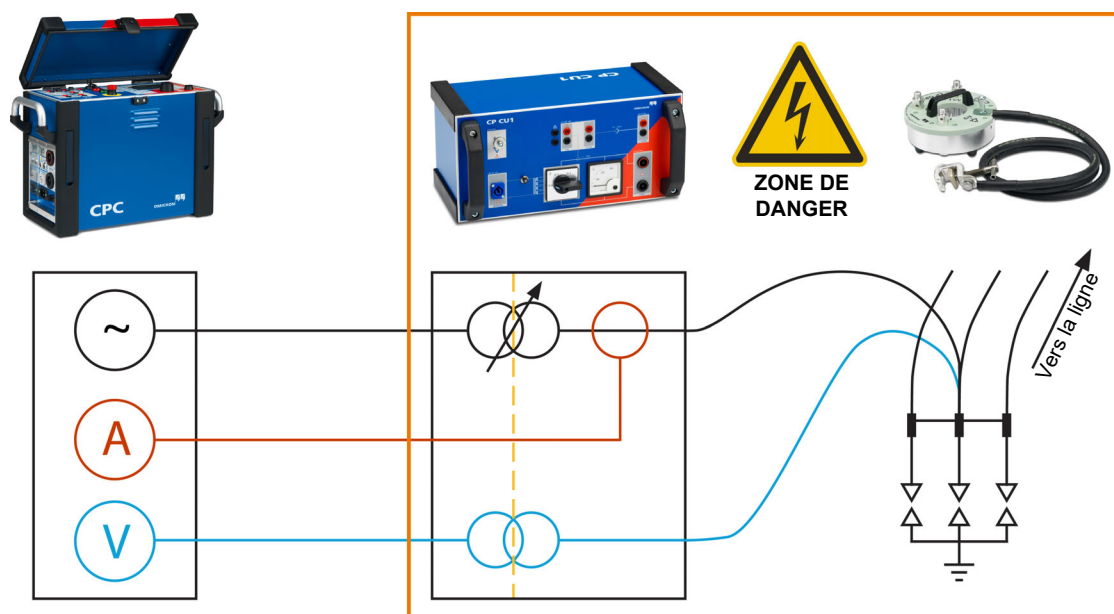


Figure 2-12: Montage de test avec le CPC 100, le CP CU1 et le CP GB1

2.7.2 Méthodologie de mesure

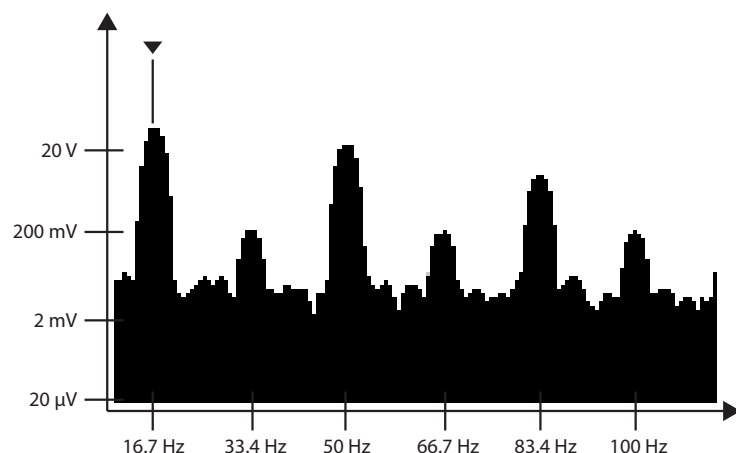


Figure 2-13: Interférences au sein d'un environnement ferroviaire (fréquence nominale à 16,7 Hz)

Toute mesure sur des lignes de puissance implique des interférences importantes générées par des systèmes parallèles. La figure 2-13 ci-dessus présente le spectre de fréquence pour la tension de la boucle ouverte L1-E d'une ligne en parallèle d'une ligne électrique ferroviaire. Elle démontre clairement qu'il est essentiel de tenir compte des interférences afin d'obtenir des mesures précises.

Le *CPC 100* utilise la méthode de suppression du bruit appelée « mesure sélective en fréquence », dans laquelle la fréquence du courant de mesure diffère de toutes les fréquences générées par les interférences.

Par défaut, tous les modèles du *CP CU1* utilisent des fréquences de 30 et 70 Hz (ou 40 et 80 Hz respectivement si la fréquence secteur est de 60 Hz). En outre, un filtre numérique présentant une fréquence centrale correspondant à la fréquence du courant de test permet d'éliminer les interférences inférieures et supérieures à la fréquence du courant de mesure. Consulter le Manuel de référence du *CPC 100* pour connaître toutes les caractéristiques de ce filtre.

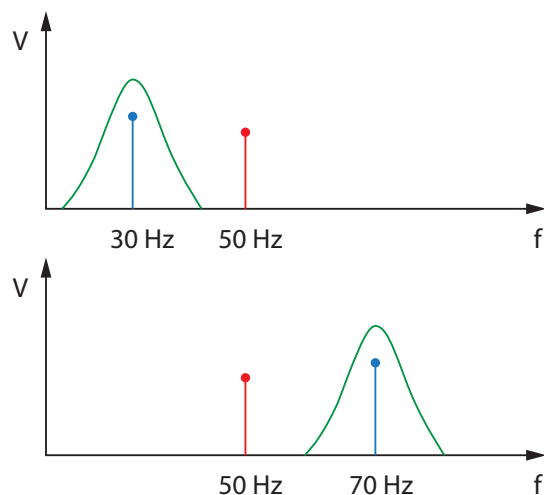


Figure 2-14: Mesure sélective en fréquence

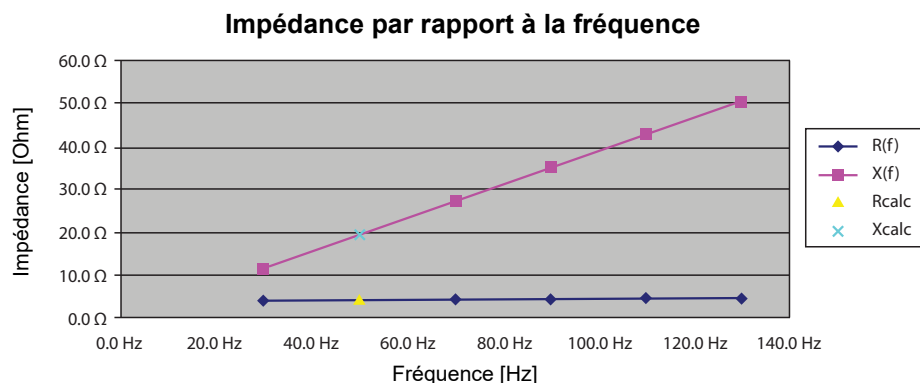


Figure 2-15: Interpolation en fréquence nominale

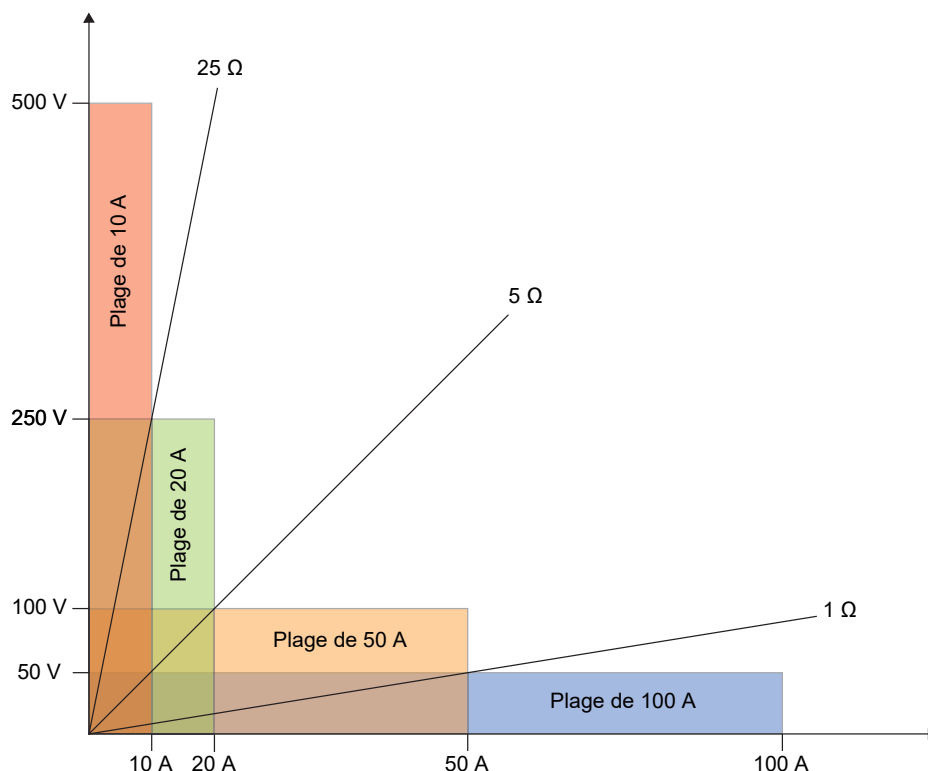
Pour obtenir les valeurs pour 50 Hz, il convient d'interpoler de manière linéaire les résultats de mesure à 30 et 70 Hz, tel qu'illustré à la figure 2-15 ci-avant. On peut également constater que des mesures supplémentaires ont été réalisées à des fréquences supérieures à 70 Hz en vue de contrôler la plausibilité de l'interpolation (voir 2-15).

Toutefois, afin de réaliser des mesures fiables et précises, il convient également de favoriser un rapport signal/bruit élevé. En vue d'injecter une puissance maximale, le *CP CU1* est donc livré avec un transformateur d'adaptation commutable présentant quatre plages de courant, pour permettre une correspondance d'impédance pour toute longueur de ligne.

Le tableau 2-2 ci-dessous répertorie les courants et les tensions pour les différentes plages de courant du *CP CU1*.

Tableau 2-2: Caractéristiques de plage de courant du *CP CU1*

Plage du <i>CP CU1</i> (courant max.)	Tension max.	Rapport de transformation du transformateur d'adaptation du <i>CP CU1</i>	Plage d'impédance pour le courant max.
100 A	50 V	1:5	< 1 Ω
50 A	100 V	2:5	1 à 5 Ω
20 A	250 V	1:1	5 à 25 Ω
10 A	500 V	2:1	> 25 Ω

Figure 2-16: Schéma de charge du *CP CU1*

La figure 2-16 ci-dessus présente le schéma de charge pour une puissance maximale de 5 kVA du *CPC 100* avec le *CP CU1*. Pour les impédances inférieures à 1 Ω , la plage de 100 A offre le courant de test possible le plus élevé. À l'inverse, pour les impédances supérieures à 25 Ω , c'est la plage de 10 A qui offre le courant de test possible le plus élevé et, par conséquent, le meilleur rapport signal/bruit.

3 Raccordement du *CP CU1* à une ligne de puissance



AVERTISSEMENT

Risque de mort ou de blessures graves causées par une tension ou un courant élevé

- ▶ Le *CP CU1* doit être connecté à l'équipement à tester par l'intermédiaire du boîtier de mise à la terre *CP GB1* pour les mesures sur des lignes aériennes ou des câbles de puissance.

Pour la mesure de l'impédance de ligne, ainsi que pour le contrôle de l'installation de mise à la terre, le *CP CU1* doit être connecté à une ligne aérienne ou à un câble de puissance. Dans la mesure où l'extrémité proche de la ligne doit être déconnectée de la terre, il existe un risque important d'exposition à des tensions dangereuses pour les opérateurs et l'équipement. Voici les scénarios susceptibles d'entraîner le détournement de tensions à la terre par le *CP GB1* pour protéger les utilisateurs et l'équipement :

- La ligne testée peut présenter une tension élevée en raison d'interférences causées par des systèmes adjacents.



AVERTISSEMENT

Risque de mort ou de blessures graves causées par une tension ou un courant élevé

- En raison d'une mauvaise communication, le sectionneur de terre situé à l'extrémité éloignée peut être ouvert accidentellement.
- En raison d'une mauvaise communication, la ligne peut également être alimentée à partir de l'extrémité éloignée.

Remarque: il s'agit d'une violation grave de la règle de sécurité précisant de prendre toutes les mesures nécessaires pour empêcher la reconnexion.

- ▶ Il convient d'établir clairement la responsabilité de chaque individu travaillant sur l'élément testé.
- ▶ Prévenir l'ensemble du personnel concerné de la réalisation de mesures sur la ligne de puissance concernée.
- ▶ Assurer une communication bilatérale entre les deux extrémités de la ligne de puissance.

- La ligne peut également être exposée à la foudre.



AVERTISSEMENT

Risque de mort ou de blessures graves causées par une décharge de foudre sur la ligne de puissance

- ▶ Consulter les prévisions météorologiques pour la région de la ligne.
- ▶ Ne pas raccorder le montage de mesure à des lignes aériennes s'il existe un risque d'orage sur une quelconque partie de la ligne.
- ▶ Annuler la mesure à la moindre indication d'orage.

Afin d'estimer les interférences et de définir la plage de courant appropriée pour le *CP CU1*, il est recommandé de suivre la procédure de préparation ci-après. Il existe quatre critères à contrôler :

- la longueur de la ligne
- la tension en ligne ouverte estimée
- la tension en ligne ouverte mesurée
- le courant de test injecté

Remarque: il est désormais également possible de contrôler le respect de ces quatre critères à l'aide de la carte de test Impédance de ligne. Voir la section 3.5 «Contrôle des quatre critères à l'aide de la carte de test Impédance de ligne» page 34.

3.1 Premier critère : longueur de la ligne

- Sélectionner la plage de courant du *CP CU1* appropriée d'après le tableau 3-1 ci-dessous, puis passer au critère suivant (section 3.2 «Deuxième critère : tension en ligne ouverte estimée» page 27).

Tableau 3-1: Sélection de la plage de courant en fonction de la longueur de la ligne

Longueur de ligne	0 à 2 km	2 à 10 km	10 à 50 km	> 50 km
	0 à 1,5 mi	1,5 à 6 mi	6 à 30 mi	> 30 mi
Plage de courant du <i>CP CU1</i>	100 A	50 A	20 A	10 A

3.2 Deuxième critère : tension en ligne ouverte estimée

La figure 3-1 ci-après présente l'estimation de la tension en ligne ouverte. En principe, le courant induit causé par les interférences d'un système parallèle est mesuré pour les trois phases.



AVERTISSEMENT

Risque de mort ou de blessures graves causées par une tension ou un courant élevé

- Avant de mettre à la terre une ligne de puissance, s'assurer qu'elle n'est pas sous tension au moyen du test de vérification suivant :
 1. Utiliser un détecteur de tension certifié, approuvé pour le niveau de tension appliqué.
 2. Vérifier sur un système sous tension que le détecteur de tension est opérationnel.
 3. À l'aide du détecteur de tension, vérifier que la ligne à tester est hors tension.
 4. Vérifier sur un système sous tension que le détecteur de tension fonctionne toujours.
- Lors de la mise à la terre d'une ligne de puissance, veiller à respecter les cinq règles de sécurité présentées à la section 1.2.2 «Règles de sécurité» page 7.

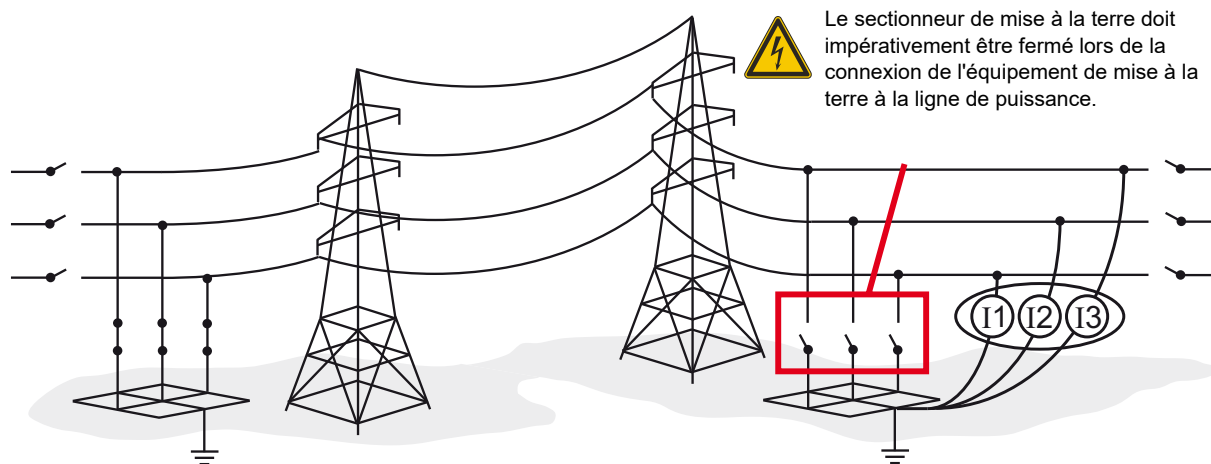


Figure 3-1: Estimation de la tension en ligne ouverte

Afin de mesurer un courant induit, les deux extrémités de la ligne doivent être raccordées à la terre. Il n'est généralement pas possible de mesurer le courant directement au niveau du sectionneur de terre à l'aide d'une pince de courant standard. Il est donc recommandé de suivre la procédure ci-après, qui utilise un équipement de mise à la terre.

1. Couper la ligne de puissance, la mettre en court-circuit et la raccorder à la terre aux deux extrémités à l'aide d'un sectionneur de terre installé ou, si vous n'en disposez pas, à l'aide de câbles de raccordement à la terre (indifféremment désignés sous le terme « sectionneur de terre » ci-après).
2. Vérifier que le raccordement à la terre à l'extrémité la plus éloignée de la ligne de puissance n'est pas retiré pendant la procédure de test.
3. Outre le sectionneur de terre, raccorder la ligne à la terre au niveau de l'extrémité la plus proche à l'aide d'un équipement de mise à la terre constitué de trois câbles étalonnés pour le courant de court-circuit maximal pour la ligne. Le courant induit est alors divisé entre le sectionneur de terre et l'équipement de mise à la terre.
4. Ouvrir le sectionneur de terre pour mesurer le courant induit via l'équipement de mise à la terre.
5. Mesurer alors le courant pour chacune des trois phases de la mise à la terre à l'aide d'une pince de courant standard et relever les valeurs obtenues. Selon la géométrie de la ligne, les valeurs de courant peuvent légèrement différer.
6. Refermer le sectionneur de terre.
7. Déconnecter l'équipement de mise à la terre de la ligne de puissance, puis de la terre.

Il est également possible de mesurer le courant induit directement au niveau du sectionneur de terre en utilisant une bobine Rogowski ou tout autre dispositif de mesure adapté. Il n'est alors pas nécessaire d'avoir recours à un équipement de mise à la terre. Cette méthode présente l'avantage de permettre la détection de problèmes de contact au niveau du sectionneur de terre. Si l'un des courants mesurés est notablement inférieur aux autres, cela peut indiquer un problème de contact au niveau du sectionneur de terre de la phase concernée (pour la méthode de mesure à l'aide d'une bobine Rogowski uniquement).

DANGER



Mort ou blessures graves causées par une tension ou un courant élevé

- Vérifier que tous les contacts au niveau du sectionneur de terre sont en bon état (non oxydés). **Remarque** : une mesure de tension nulle pour les différentes phases ne signifie pas nécessairement que le sectionneur de terre fonctionne correctement.

La tension estimée peut alors être calculée à l'aide de l'équation 3-1 ou 3-2 ci-après, en utilisant le courant mesuré le plus élevé.

Remarque: utiliser l'équation 3-1 si la longueur de la ligne est mesurée en kilomètres, et l'équation 3-2 si elle est mesurée en miles.

$$V_{\text{est}} = I_{\text{line}} \cdot 2 \cdot 0,4 \cdot \frac{\Omega}{\text{km}} \cdot \max(I_{1,2,3}) \quad (\text{Eq. 3-1})$$

$$V_{\text{est}} = I_{\text{line}} \cdot 2 \cdot 0,64 \cdot \frac{\Omega}{\text{mi}} \cdot \max(I_{1,2,3}) \quad (\text{Eq. 3-2})$$

Tableau 3-2: Sélection de la plage de courant en fonction de la tension estimée

Tension calculée (V_{est})	0 à 50 V	50 à 100 V	100 à 250 V	250 à 500 V
Plage de courant du CP CU1	100 A	50 A	20 A	10 A

- Sélectionner la plage de courant du CP CU1 appropriée d'après le tableau 3-2 ci-dessus. Veiller à ne pas sélectionner une plage de courant supérieure à celle recommandée pour la longueur de la ligne. Si nécessaire, sélectionner une plage de courant inférieure.

Remarque: si la tension calculée dépasse 500 V, la mesure ne peut pas être effectuée puisque le CP CU1 est conçu pour une tension de service maximale de 500 V. Dans ce cas, envisager les options suivantes :

- Tenter de réduire les interférences causées par les lignes parallèles
 - a) en réduisant la charge sur les lignes parallèles,
 - b) en désactivant les systèmes parallèles.
- Réaliser la mesure à un moment ultérieur, lorsque la charge est inférieure.
- Pour les lignes aériennes, réaliser uniquement la mesure sur la phase la plus éloignée des systèmes parallèles si la tension induite est inférieure à 500 V.

Remarque: si aucune de ces solutions ne fonctionne et que vous devez absolument réaliser une mesure, contacter le service clientèle d'OMICRON. Il existe une application spécifiquement dédiée à ces situations. Pour des questions de sécurité, cette option doit être réalisée par des ingénieurs OMICRON uniquement et n'est pas proposée en tant qu'application officielle aux clients.

3.3 Troisième critère : tension en ligne ouverte mesurée

Une fois la tension en ligne ouverte estimée, le *CP CU1* peut être connecté à la ligne testée afin de mesurer la tension en ligne ouverte effective et de vérifier l'estimation.

- Installer le *CP CU1* et le *CP GB1* comme indiqué à la figure 3-2 ci-dessous. Les pinces Kelvin sur le boîtier de mise à la terre doivent être connectées à la phase avec le courant induit mesuré le plus élevé, ainsi qu'à la terre.

Dans l'exemple de la figure 3-2 ci-après, le *CP CU1* est connecté à la phase L2 et à la terre.

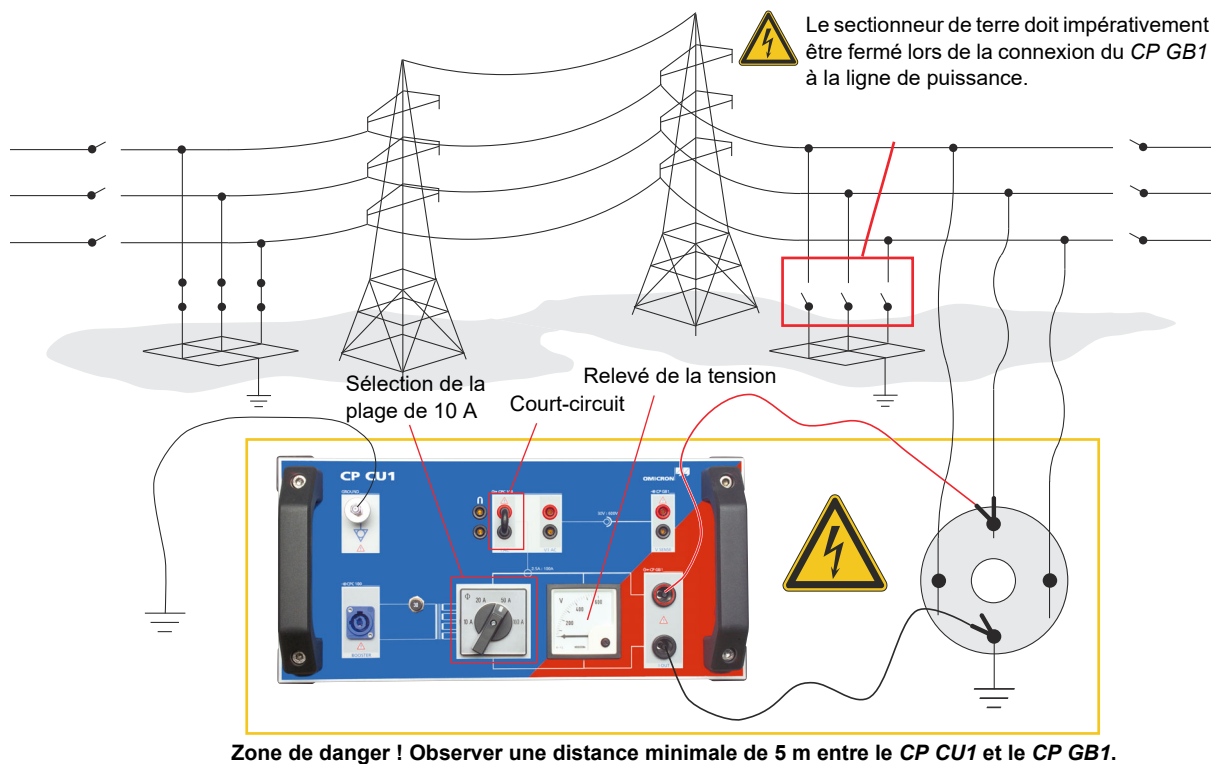


Figure 3-2: Mesure de la tension induite à l'aide du *CP CU1*

Suivre la procédure ci-après pour mesurer la tension en ligne ouverte.

1. Vérifier que le sectionneur de terre est fermé.

AVERTISSEMENT



Risque de mort ou de blessures graves causées par une tension ou un courant élevé

L'emploi d'une pince de terre d'un certain type pour un point fixe d'un autre type est extrêmement dangereux, à la fois pour la connexion de l'équipement de mise à la terre au *CP GB1* et pour la connexion du *CP GB1* au point fixe du poste. Les pinces de terre de 16 à 20 mm sont conçues et testées pour des courants de défaut jusqu'à 26,5 kA, et les pinces de terre de 25 mm pour des courants de défaut jusqu'à 30 kA et cela pour une durée maximale de 100 ms.

- Veiller à utiliser une pince de terre appropriée et vérifier que la vis de terre est en bon état, propre et non oxydée.
- Il convient de ne pas utiliser le *CP CU1* et le *CP GB1* lorsque des courants de défaut plus élevés sont possibles.

2. Raccorder le *CP GB1* à la terre à proximité du raccordement à la ligne de puissance. Utiliser le câble fourni avec le *CP GB1* ainsi qu'une pince de terre appropriée.
3. Connecter les câbles de l'équipement de mise à la terre utilisé pour estimer la tension en ligne ouverte (voir l'étape 3. page 28) au *CP GB1* (voir la Figure 3-2: page 30).
4. Connecter les autres extrémités de câble aux trois phases de la ligne de puissance.

AVERTISSEMENT



Risque de mort ou de blessures graves causées par une tension ou un courant élevé

- Placer le *CP CU1* à au moins 5 m du *CP GB1*.
- Repérer la zone autour du *CP GB1* (5 m minimum) et autour du *CP CU1* (2 m minimum) comme zone de danger.

Remarque: étant donné que le *CP CU1* est situé au sein de la zone de danger, il doit être positionné de façon à permettre la lecture aisée de la tension.

5. Effectuer le raccordement à la terre du *CP CU1* à l'aide d'un câble d'une section minimale de 6 mm², à proximité de l'opérateur.
6. Connecter le *CP CU1* au *CP GB1*, comme illustré à la Figure 3-2: page 30.
7. Sélectionner la plage de courant de 10 A (500 V) sur le *CP CU1*, puis court-circuiter la sortie I AC.
8. Quitter la zone de danger, puis ouvrir le sectionneur de mise à la terre.

AVERTISSEMENT



Risque de mort ou de blessures graves causées par une tension ou un courant élevé

- En cas de détection de quoi que ce soit d'inhabituel dans le matériel de test (par ex. bruit de décharge électrique ou éclair au niveau d'un limiteur de tension dans le *CP GB1*), fermer le sectionneur de terre avant de toucher le montage de mesure.

9. Sans pénétrer la zone de danger, relever la tension indiquée par le voltmètre du *CP CU1*.
10. Refermer le sectionneur de terre.

11. Sélectionner la plage de courant du *CP CU1* appropriée d'après le tableau 3-3 ci-après. Veiller à ne pas sélectionner une plage de courant supérieure à celle recommandée pour la longueur de la ligne. Si nécessaire, sélectionner une plage de courant inférieure.

Remarque: si la tension mesurée dépasse 500 V, la mesure ne peut pas être effectuée puisque le *CP CU1* est conçu pour une tension de service maximale de 500 V. Dans ce cas, envisager les options présentées à la section précédente, page 29.

Tableau 3-3: Sélection de la plage de courant en fonction de la tension mesurée

Tension mesurée	0 à 50 V	50 à 100 V	100 à 250 V	250 à 500 V
Plage de courant du <i>CP CU1</i>	100 A	50 A	20 A	10 A

Remarque: il convient à ce stade d'expliquer le concept de sécurité du *CP CU1*, puisqu'il est possible de mesurer une tension supérieure à la valeur autorisée dans des conditions spécifiques. L'isolation du *CP CU1* est conçue pour résister à des tensions bien plus élevées que les limiteurs de tension du *CP GB1*. Il n'y a donc aucun risque potentiel pour l'utilisateur si la tension réelle est supérieure à la tension calculée tant que les distances de sécurité sont respectées.

3.4 Quatrième critère : courant de test injecté

Le quatrième et dernier critère est le courant de test injecté. Le *CPC 100* doit à présent être connecté au *CP CU1* pour pouvoir injecter du courant et réaliser des mesures.

La figure 3-3 ci-dessous présente le montage de mesure du *CP CU1* et du *CPC 100*. Les raccordements requis entre les deux unités sont présentés plus en détail à la Figure 3-4: page 33.

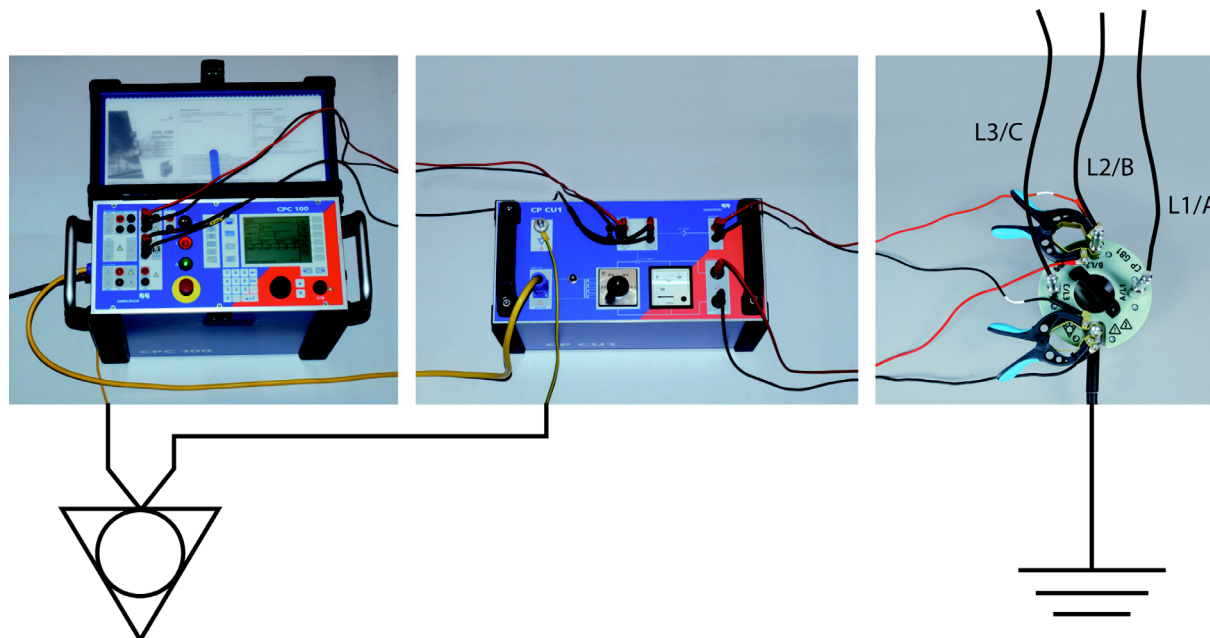


Figure 3-3: Montage de mesure du *CP CU1* avec le *CPC 100* et le *CP GB1*

Raccordement du CP CU1 à une ligne de puissance

Suivre la procédure ci-après pour connecter le *CPC 100* au *CP CU1*. Noter qu'il faut pénétrer dans la zone de danger pour accéder au panneau avant du *CP CU1*.

1. Vérifier que le sectionneur de terre est fermé et que le *CPC 100* est hors tension.
2. Placer le *CPC 100* en dehors de la zone de danger, à au moins 5 m du *CP CU1* et à au moins 10 m du *CP GB1*.
3. Effectuer le raccordement à la terre du *CPC 100* à l'aide d'un câble d'une section minimale de 6 mm², à proximité de l'opérateur.
4. Connecter le *CPC 100* au *CP CU1*, comme illustré à la figure 3-4 ci-après.
 - a) Connecter la sortie EXT. BOOSTER du *CPC 100* à l'entrée BOOSTER du *CP CU1* à l'aide du câble amplificateur jaune.
 - b) Connecter la sortie I AC du *CP CU1* à l'entrée I AC du *CPC 100* à l'aide d'un câble banane, en veillant à respecter le code couleur (rouge/noir).
 - c) Facultatif (pour les mesures d'impédance de ligne uniquement) : connecter la sortie V1 AC du *CP CU1* à l'entrée V1 AC du *CPC 100* à l'aide du câble coaxial V1 AC, en veillant à respecter le code couleur (rouge/noir).

Remarque: si la sortie I AC du *CP CU1* n'est pas utilisée, utiliser la barre de court-circuit.

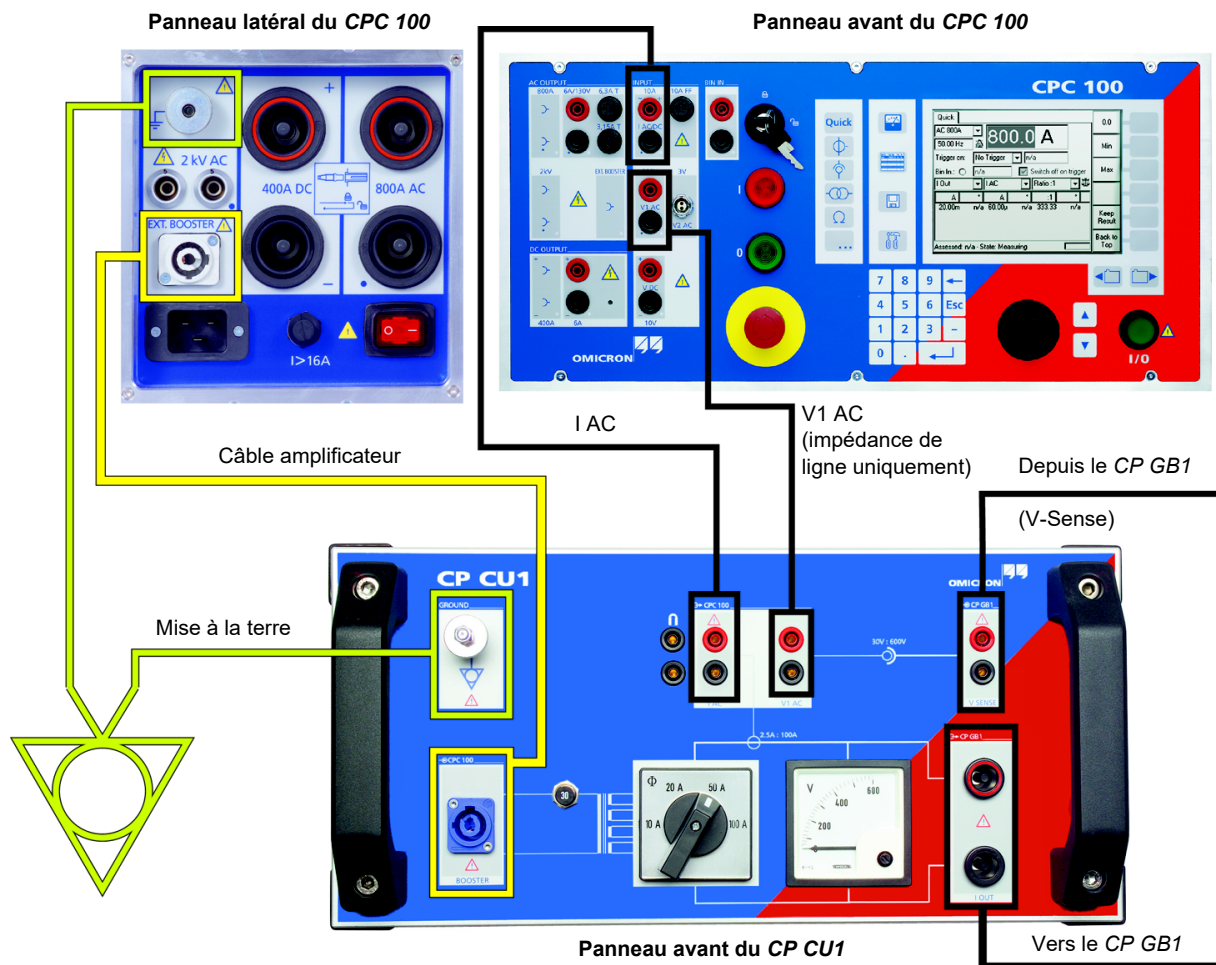


Figure 3-4: Connexion du *CPC 100* au *CP CU1*

Si le *CPC 100* ne peut pas injecter le courant requis, la forme du courant est déformée, entraînant des harmoniques. Ces harmoniques peuvent être supprimés efficacement par la mesure sélective en fréquence si le degré de distorsion n'est pas trop important. Il est recommandé d'injecter au moins 60 % du courant requis en cas d'utilisation de l'un des quatre modèles du *CPC 100* pour les plages de courant de 10 A, 20 A, 50 A et 100 A. Si cela s'avère impossible, sélectionner une plage de courant inférieure sur le *CP CU1* et charger le modèle correspondant. S'il n'est pas possible d'injecter 6 A dans la plage de courant de 10 A, définir le courant sur une valeur inférieure dans le modèle du *CPC 100*. Cependant, si possible, tenter d'injecter au moins 1 A afin d'obtenir des résultats fiables.

On a constaté que ce sont principalement des boucles phase-terre pour les lignes aériennes et des boucles phase-phase pour les câbles de puissance qui présentent l'impédance de boucle la plus élevée. Il convient donc de tenir compte de ces boucles pour l'évaluation de la capacité d'injection en courant du *CP CU1*.

3.5 Contrôle des quatre critères à l'aide de la carte de test Impédance de ligne

Pour réaliser des mesures d'impédance de ligne à l'aide de la nouvelle carte de test **Impédance de ligne**, suivre la procédure du nouveau modèle **Impédance de ligne** (qui inclut la nouvelle carte de test) pour s'assurer du respect des quatre critères.

Dans le cadre de mesures relatives à une installation de mise à la terre ou à un couplage entre lignes/câbles, il est possible d'utiliser la carte de test pour réaliser la procédure de contrôle des critères 1 à 3, mais il convient tout de même de procéder manuellement au contrôle du quatrième critère tel que décrit à la section 3.4 «Quatrième critère : courant de test injecté» page 32.

Remarque: si la carte de test Impédance de ligne ne doit servir qu'à contrôler les trois premiers critères, utiliser la touche d'accès rapide **Résistance** située à gauche de l'écran du *CPC 100* pour y accéder directement.

Consulter la section 4.1 «Carte de test d'impédance de ligne» page 40 pour une description de la carte de test Impédance de ligne.

1. Sur le *CPC 100*, accéder au modèle Impédance de ligne situé sous :
Modèles > Câbles et lignes de transmission > **Impédance de ligne 1/2/3 phases** ou **Couplage mutuel** (selon l'élément testé).

Remarque: la sous-fenêtre **Configuration de la ligne** s'affiche alors automatiquement.

2. Sélectionner le type d'élément sous **1. Opération : Topologie**.
Remarque : pour les mesures sur des lignes double terre, sélectionner **Triphasé, couplé (couplage mutuel)**.

3. Indiquer la longueur de ligne à mesurer sous **2. Opération : Longueur ligne**.
4. Mesurer les courants circulaires au niveau du sectionneur de terre, du côté de l'extrémité la plus proche de la ligne ou au niveau d'un équipement de mise à la terre raccordé à la ligne. Consulter la section 3.2 «Deuxième critère : tension en ligne ouverte estimée» page 27 pour une description de la procédure.

5. Entrer les résultats sous **3. Opération : Courant induit**.

La carte de test calcule alors automatiquement la tension en ligne ouverte estimée (**Tension ligne ouverte estimée**).

6. Raccorder le *CP CU1* à la ligne de puissance tel que décrit à la section 3.3 «Troisième critère : tension en ligne ouverte mesurée» page 30 afin de mesurer la tension effective et de vérifier l'estimation.

7. Entrer le résultat de la mesure sous **Tension ligne ouverte réelle**, puis appuyer sur **OK** pour terminer la configuration de la ligne.

Le système calcule la plage de courant requise pour le *CP CU1*, et l'indique dans une nouvelle sous-fenêtre. Cette plage de courant suggérée doit être sélectionnée via le commutateur de plage de courant situé sur le panneau avant du *CP CU1*. La plage de courant requise est par ailleurs automatiquement spécifiée dans la page principale de la carte de test Impédance de ligne.

Un message d'erreur s'affiche lorsque les critères requis pour une mesure sûre et fiable ne sont pas satisfaits et que la mesure n'est donc pas réalisable.

Remarque: le quatrième critère (courant de test injecté) est contrôlé pour chaque boucle de mesure de l'impédance de ligne. Un message d'erreur s'affiche lorsque le courant de test effectivement injecté n'atteint pas 60 % de la valeur définie. Dans ce cas, le paramètre de courant doit être revu à la baisse en conséquence.

4 Mesure de l'impédance de ligne

Les relais de protection de distance requièrent des paramètres de ligne exacts pour assurer la sélectivité et éviter les zones réduites ou trop étendues. Il en va de même pour le localisateur de défaut, pour pouvoir déterminer avec précision l'emplacement des défauts. En général, les relais de protection de distance considèrent la ligne comme équilibrée lorsque le modèle de ligne ci-après, caractérisé par les impédances Z_1 et Z_E , est appliqué. Noter que l'impédance Z_1 est parfois nommée Z_L . L'objectif de la mesure de l'impédance de ligne est de déterminer les paramètres du modèle.

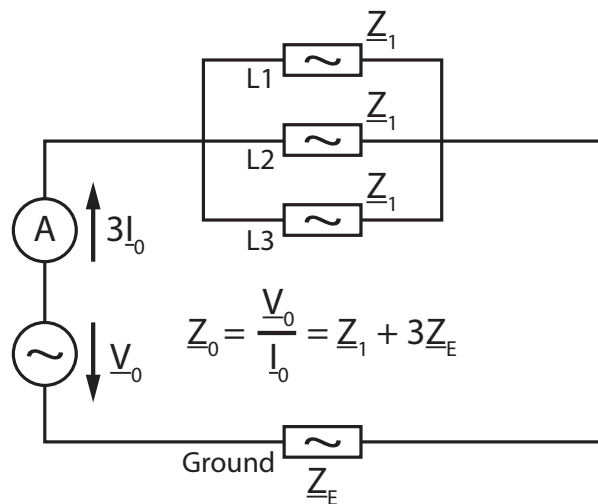


Figure 4-1: Définition de l'impédance homopolaire

Les performances de la plupart des relais de protection de distance dépendent de la réactance directe X_1 et du facteur k . La valeur X_1 est utilisée pour définir la portée, afin de déterminer la zone concernée par chaque défaut. S'il s'agit d'un défaut phase-phase, la réactance de la boucle de défaut est divisée par deux et comparée à la valeur X_1 . Si cette réactance de défaut divisée par deux est inférieure à la valeur X_1 , le défaut est supposé concerner la zone 1, et le relais se déclenche immédiatement. S'il s'agit d'un défaut phase-terre, on applique le facteur k à l'impédance de la boucle de défaut. La réactance résultante est ensuite comparée à la valeur X_1 , comme pour un défaut phase-phase. Par conséquent, les relais de protection de distance ne peuvent fonctionner de manière sélective que si les paramètres définis pour la réactance directe X_1 et le facteur k sont corrects.

Remarque: dans le paragraphe précédent, le principe de fonctionnement de la protection de distance est présenté de manière simplifiée. Les algorithmes utilisés pour les relais de protection de distance, qui sont en réalité bien plus complexes, ne sont pas détaillés ici.

Les trois formats de facteur k suivants sont communément utilisés pour les relais de protection de distance.

1. Rapport complexe entre l'impédance de terre Z_E et l'impédance de ligne Z_L :

$$k_L = \frac{Z_E}{Z_L} = \frac{\left(\frac{Z_0}{Z_1} - 1\right)}{3} \quad (\text{Eq. 4-1})$$

Remarque: $Z_1 = Z_L$

2. Rapport complexe entre l'impédance homopolaire et l'impédance directe (voir la Figure 4-1: «Définition de l'impédance homopolaire» page 36) :

$$k_0 = \frac{Z_0}{Z_1} \quad (\text{Eq. 4-2})$$

3. Valeurs réelles :

$$k_R = \frac{R_E}{R_L} \quad (\text{Eq. 4-3})$$

$$k_X = \frac{X_E}{X_L} \quad (\text{Eq. 4-4})$$

où R_E et X_E sont respectivement les parties réelle et imaginaire de l'impédance de terre, et R_L et X_L sont respectivement les parties réelle et imaginaire de l'impédance de ligne.

Les mesures montrent que, dans un nombre de cas non négligeable, le facteur k des lignes mesurées est réglé à plus de 20 % de sa valeur réelle. Ceci est dû au fait que les valeurs Z_E et Z_0 , respectivement, ne peuvent être déterminées avec précision par calcul, puisque les propriétés du sol sont inconnues. Il convient par conséquent de réaliser un test d'impédance de ligne afin d'obtenir les valeurs exactes et de permettre une protection de distance rapide, fiable et sélective.

La figure 4-2 ci-dessous présente la portée de la zone 1 pour les 6 boucles de défaut possibles, via un exemple type d'une impédance de ligne calculée avec exactitude mais avec un facteur k erroné. Le facteur k effectif mesuré est ici de 1,45, tandis qu'un facteur k de 0,65 a été utilisé pour configurer le relais de protection.

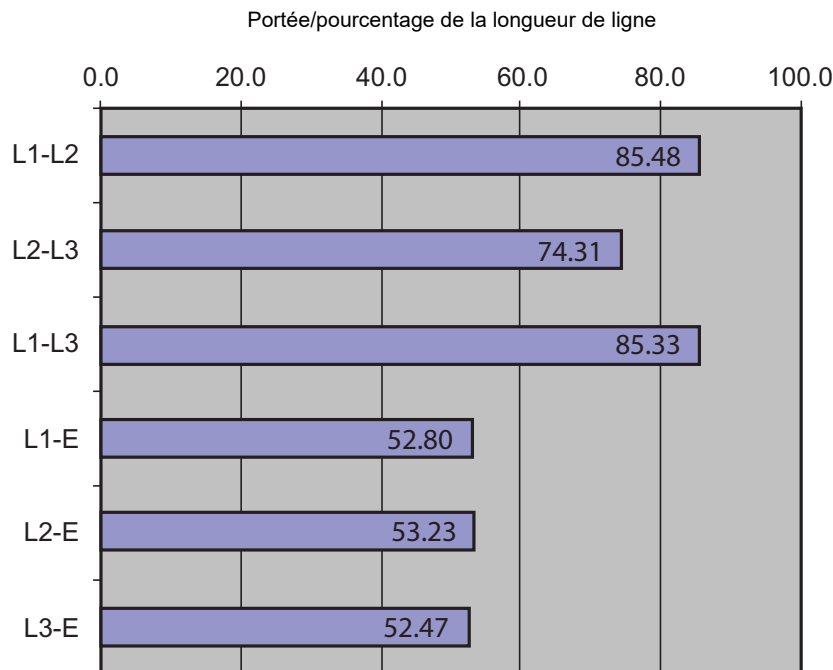


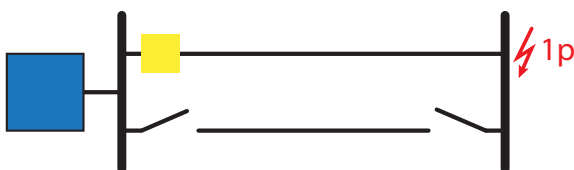
Figure 4-2: Portée

Cependant, le facteur k ne dépend pas uniquement des propriétés du sol. Pour les lignes double terre, les effets du couplage mutuel doivent également être pris en considération. Il existe plusieurs configurations de lignes double terre ou multi-circuit pour lesquelles le couplage mutuel doit être considéré sous différents aspects. Dans le présent manuel, le couplage mutuel n'est pris en compte que pour les configurations suivantes :

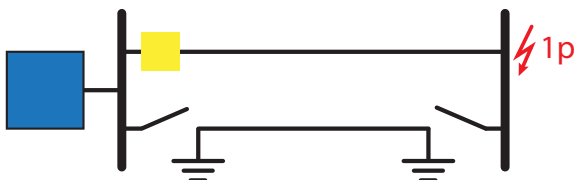
- Seules les alimentations uniques sont prises en compte, que ce soit par l'extrémité proche ou l'extrémité éloignée de la ligne.
- La valeur I_0 du système II n'est pas mesurée. Si ce courant était mesuré, la portion de tension, causée par le couplage mutuel, pourrait être déterminée à l'aide de l'impédance de couplage mutuel Z_{0M} . Il est donc possible d'utiliser ici le facteur k correspondant au cas sans couplage (circuit parallèle inactif et non mis à la terre).
- Seules les véritables lignes double terre sont prises en compte. Cela signifie que les deux circuits interconnectent les mêmes jeux de barres / postes.

Il est utile de se concentrer sur les 4 cas suivants pour les configurations ci-dessus.

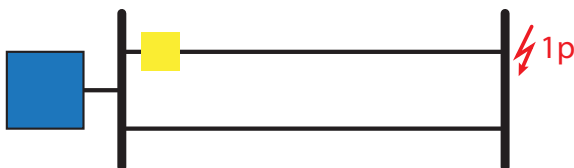
- Cas 1 : aucun couplage de ligne parallèle n'est pris en compte. La ligne parallèle est inactive et non raccordée à la terre aux deux extrémités.



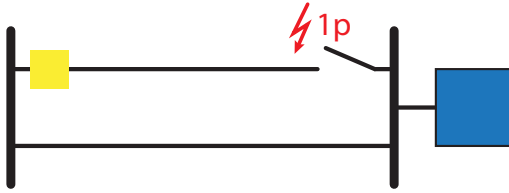
- Cas 2 : la ligne parallèle est raccordée à la terre aux deux extrémités. L'impédance pour un défaut monophasé est moins élevée que pour le cas 1. Ceci est dû au fait que le courant induit dans la ligne parallèle circule dans la direction opposée à celle du courant I_0 . Plus l'impédance de couplage mutuel Z_{0M} est élevée, plus l'impédance du défaut est basse.



- Cas 3 : la ligne parallèle est active. L'impédance pour un défaut monophasé est plus élevée que pour le cas 1. Ceci est dû au fait que le courant I_0 de la ligne parallèle circule dans la même direction que pour la ligne I. Plus l'impédance de couplage mutuel Z_{0M} est élevée, plus l'impédance du défaut l'est également.



- Cas 4 : le défaut est alimenté via l'extrémité éloignée de la ligne parallèle. L'impédance du défaut est encore plus basse que pour le cas 2 puisque les courants I_0 des lignes I et II présentent la même amplitude tout en circulant dans des directions opposées.



Pour les configurations de ligne plus complexes, une combinaison de ces quatre cas doit être envisagée afin de déterminer le réglage approprié pour le facteur k.

Remarque: le logiciel *RelaySimTest* d'OMICRON permet de simuler des défauts phase-terre pour des configurations de ligne complexes en tenant compte des effets du couplage mutuel. Cela permet une détermination simple et précise du facteur k pour tous les scénarios de réseau.

Le modèle requiert deux mesures pour pouvoir déterminer l'impédance de couplage mutuel Z_{0M} . L'avantage est qu'aucune mesure n'est nécessaire pour le système II. En effet, toutes les mesures sont effectuées sur le système I. Lors de la première mesure, le système II est déconnecté de la terre à au moins une extrémité. En conséquence, aucun courant ne circule dans ce système. Le résultat de cette mesure est l'impédance homopolaire Z_{01} . Pour la seconde mesure, les deux extrémités de la ligne doivent être raccordées à la terre pour assurer la circulation du courant. Toutefois, la tension dans le système II est nulle. Le résultat de cette mesure est l'impédance homopolaire Z_{02} . L'impédance de couplage mutuel Z_{0M} peut alors être calculée à partir des valeurs Z_{01} et Z_{02} comme suit :

$$Z_{0M} = \sqrt[3]{(Z_{01} - Z_{02}) \cdot Z_{01}} \quad (\text{Eq. 4-5})$$

4.1 Carte de test d'impédance de ligne

Outre le modèle d'**impédance de ligne**, une carte de test d'**impédance de ligne** est désormais disponible en option (pour plus d'informations, contacter le service clientèle d'OMICRON).



Cette carte de test est accessible via la touche d'accès rapide **Résistance** située à gauche de l'écran du *CPC 100*. Il suffit ensuite de sélectionner la carte de test d'**impédance de ligne** dans la liste proposée.

4.1.1 Configuration/Assistance

La carte de test d'**impédance de ligne** s'ouvre automatiquement sur la sous-fenêtre **Configuration**, qui permet de déterminer la plage de courant requise pour l'élément à tester.

1. Opération : sélectionner le type d'élément. Les options disponibles sont :

- **Triphasé**
- **Triphasé, couplé** (couplage mutuel)
- **Biphasé**
- **Monophasé**

2. Opération : Longueur de ligne : saisir la longueur de la ligne à mesurer. (voir la section 3.1 «Premier critère : longueur de la ligne» page 27).

3. Opération : Courant induit : saisir les courants de court-circuit mesurés pour chaque phase lors de la connexion du *CP CU1* à une ligne de puissance. (voir la 3.2 «Deuxième critère : tension en ligne ouverte estimée» page 27).

4. Opération : Tension ligne ouverte réelle : saisir la tension en ligne ouverte mesurée lors de la connexion du *CP CU1* à une ligne de puissance. (voir la section 3.3 «Troisième critère : tension en ligne ouverte

La plage de courant recommandée pour le *CP CU1* est calculée et affichée dans une nouvelle sous-fenêtre. Un message d'erreur s'affiche lorsque les critères requis pour une mesure sûre et fiable ne sont pas satisfaits et que la mesure n'est donc pas réalisable.

Figure 4-3: Sous-fenêtre **Assistance**

4.1.2 Page principale

Une fois la **configuration** terminée, fermer la sous-fenêtre en cliquant sur **OK**. La page principale de la carte de test d'**impédance de ligne** apparaît alors.

Plage de courant recommandée pour le CP CU1 dans la sous-fenêtre **Configuration**.

Remarque: une fois la première boucle de mesure réalisée, la carte de test **Impédance de ligne** empêche toute modification du courant de mesure qui nécessiterait le passage à une autre plage d'intensité.
Exemple : si la première boucle de mesure a été réalisée avec un courant de 12,5 A (plage d'intensité de 20 A), il n'est pas possible de modifier le courant de mesure à 10 A puisque les courants inférieurs à 10,01 A appartiennent à la plage d'intensité de 10 A.

Boucles de mesure. Le nombre de boucles dépend de la sélection sous **Étape 0** dans la sous-fenêtre **Configuration**. (voir la section 4.1.1 «Configuration/Assistance» page 40).

Valeurs de facteur k calculées à partir des résultats de mesure de l'impédance de ligne. Les résultats du facteur k sont affichés dès que suffisamment de données sont disponibles et deviennent de plus en plus précis à la fin de chaque boucle.

Remarque: lorsque le nombre de boucles de mesure ne permet pas de calculer le facteur k, aucun résultat ne s'affiche.

Accès à la sous-fenêtre **Cycle de test**. (voir la section 4.1.3 «Cycle de test» page 41).

Accès à la sous-fenêtre **Configuration**. (voir la section 4.1.1 «Configuration/Assistance» page 40).

Accès à la vue détaillée des résultats de mesure sous forme de **graphique**¹ (voir la section 4.1.4 «Résultats – Graphique» page 42) ou sous forme de **tableau**² (voir la section 4.1.5 «Résultats – Tableau» page 42).

The screenshot shows the 'Impédance' window. At the top, 'Itest : 10.00 A' and 'Cycle de test...' are visible. Below is a table for impedance measurements:

Impédance	R	X	Z	ϕ
A-B	n/a	n/a	n/a	n/a
B-C	n/a	n/a	n/a	n/a
C-A	n/a	n/a	n/a	n/a
A-G	n/a	n/a	n/a	n/a
B-G	n/a	n/a	n/a	n/a
C-G	n/a	n/a	n/a	n/a

Below the table are input fields for phase: k_L, k_R, k_D, and their corresponding phases. A 'Sélectionnez la boucle de mesure' dropdown is at the bottom left. On the right, a vertical menu contains: 'Affich. >', 'Effacer Liste', 'Résultats', 'Assist.', 'Retour Début', 'Principal', 'Retour', 'Retour', 'Retour'. Red arrows point from text boxes to these elements.

Figure 4-4: Page principale de la carte de test d'impédance de ligne

4.1.3 Cycle de test

La sous-fenêtre **Cycle de test** permet de définir le balayage en fréquence d'une boucle de mesure.

Le champ **Fréquence cible** permet de définir la fréquence secteur. Par défaut, le CPC 100 utilise la fréquence définie sous **Fréquence par défaut** dans la page **Configuration équipement** du menu **Options**.

Remarque: en cas de modification de la fréquence secteur, le paramètre de balayage en fréquence est automatiquement modifié en conséquence.

Permet de définir une valeur de balayage en fréquence personnalisée dans la zone située sous la case, lorsque celle-ci est cochée.

Fréquences utilisées pour le balayage en fréquence actuellement défini.

Permet de réinitialiser le paramètre de balayage en fréquence à la valeur recommandée par OMICRON.

The screenshot shows the 'Cycle de test' window. It has a 'Fréquence cible : 50.00 Hz' field. Below it is a checkbox 'Personnaliser cycles'. A table shows frequency sweep parameters:

Hz	Temps
30.00	2.000
70.00	2.000
90.00	2.000
110.00	2.000
130.00	2.000
170.00	2.000

Buttons for 'Max', 'Calc. Freq.', 'Retour', and 'OK' are visible. Red arrows point from text boxes to these elements.

Figure 4-5: Sous-fenêtre **Cycle de test**

4.1.4 Résultats – Graphique

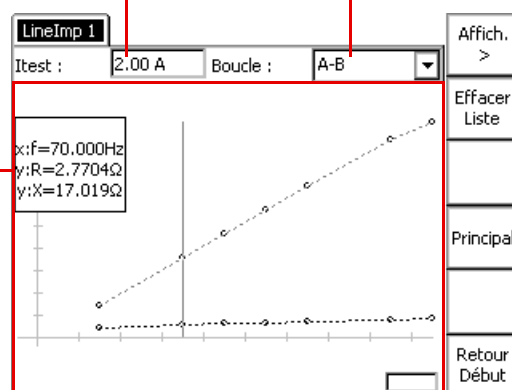
La page **Graph.** est accessible sous **Résultats/Affich. >/Graph.**

Remarque: il est possible de réaliser des mesures à partir des pages **Résultats (Graph. et Tableau)**. Il convient alors de sélectionner la boucle de mesure appropriée dans le champ **Boucle** situé dans le haut de la page **Graph.** ou **Tableau**. Une fois l'ensemble des connexions au **CP CU1** et au **CP GB1** réalisées, la boucle de mesure peut être démarrée à l'aide du bouton **I/O** du **CPC 100**.

Plage de courant recommandée pour le **CP CU1** dans la sous-fenêtre **Configuration**.

Boucle de mesure active correspondant aux résultats présentés. Pour les mesures réalisées à partir de cette page, la boucle de mesure suivante doit être sélectionnée ici.

Résultats de mesure d'une fréquence, présentés sous forme de graphique. La fréquence est déterminée d'après la ligne mise en évidence dans la page **Tableau**.



Affich. > Permet d'accéder à la page **Tableau**.

Effacer Liste Permet d'effacer les résultats de la boucle de mesure.

Principal Permet de revenir à la page principale.

Retour Début

Figure 4-6: Page **Graph.** (Résultats)

4.1.5 Résultats – Tableau

La page **Tableau** est accessible sous **Résultats/Affich. >/Tableau**.

Plage de courant recommandée pour le **CP CU1** dans la sous-fenêtre **Configuration**.

Boucle de mesure active correspondant aux résultats présentés. Pour les mesures réalisées à partir de cette page, la boucle de mesure suivante doit être sélectionnée ici.

Résultats de mesure pour l'intégralité du balayage en fréquence d'une boucle de mesure.
► Mise en évidence d'une ligne pour visualisation dans la page **Graph**.

Fré...	V	A	°	R	X
30.000	4.2136	568.8m	-73.04	2.1600	7.0839
70.000	14.018	812.8m	-80.75	2.7704	17.019
90.000	20.661	927.6m	-82.11	3.0576	22.063
110.00	31.784	1.1616	-83.27	3.2069	27.171
130.00	47.247	1.4472	-83.98	3.4229	32.465
170.00	50.240	1.1896	-84.58	3.9873	42.043
190.00	37.338	812.4m	-84.79	4.1750	45.781

Graph. Accès à la page **Graph**.

Tableau Accès à la page **Tableau**.

Retour

Figure 4-7: Page **Tableau** (Résultats)

4.2 Mesure de l'impédance de ligne pour les lignes simples

Cette mesure s'applique uniquement aux lignes simples pour lesquelles aucun couplage mutuel à des lignes parallèles ne doit être pris en considération. C'est notamment le cas des lignes aériennes sans système parallèle et de la plupart des câbles de puissance, qu'il y ait ou non un autre câble en parallèle. Il existe toutefois de rares cas de couplage mutuel pour ces câbles.

1. Suivre les instructions du chapitre 3 «Raccordement du CP CU1 à une ligne de puissance» page 26 pour raccorder le *CP CU1* à la ligne de puissance testée et s'assurer du respect des quatre critères à l'aide de la carte de test d'impédance de ligne (voir la section 3.5 «Contrôle des quatre critères à l'aide de la carte de test Impédance de ligne» page 34) ou manuellement, tel que décrit aux sections 3.1 à 3.4 (à partir de la page 27).

La figure 4-8 ci-dessous présente un exemple de connexion du *CP CU1* au *CP GB1* pour la boucle de mesure L1-L2.

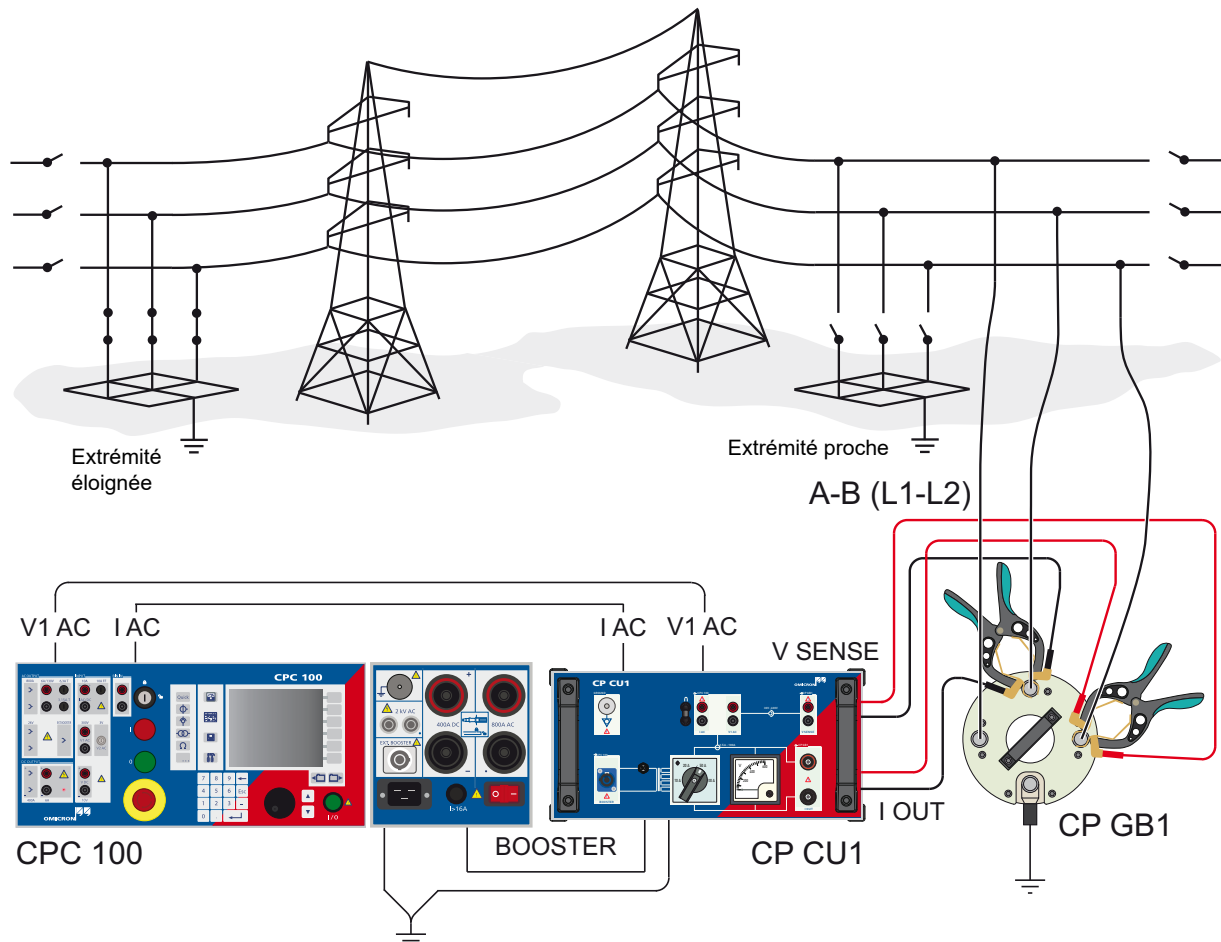


Figure 4-8: Boucle de mesure d'impédance de ligne A-B (L1-L2)

AVERTISSEMENT



Risque de mort ou de blessures graves causées par une tension ou un courant élevé

- Utiliser des câbles de terre (MALT de travail) pour relier la ligne de puissance à la terre à l'extrémité proche lors de toute intervention sur le montage de mesure à l'intérieur de la zone de danger (par exemple lors du changement de connexions du *CP GB1* entre les boucles de mesure).

2. Modifier les connexions pour les autres boucles de mesure, comme illustré à la figure 4-9 ci-après.
3. À l'aide du câble à trois fils (voir la section 2.4.2 «Mise en court-circuit des phases» page 18), court-circuiter les trois phases pour la dernière boucle de mesure **L1L2L3-E**.

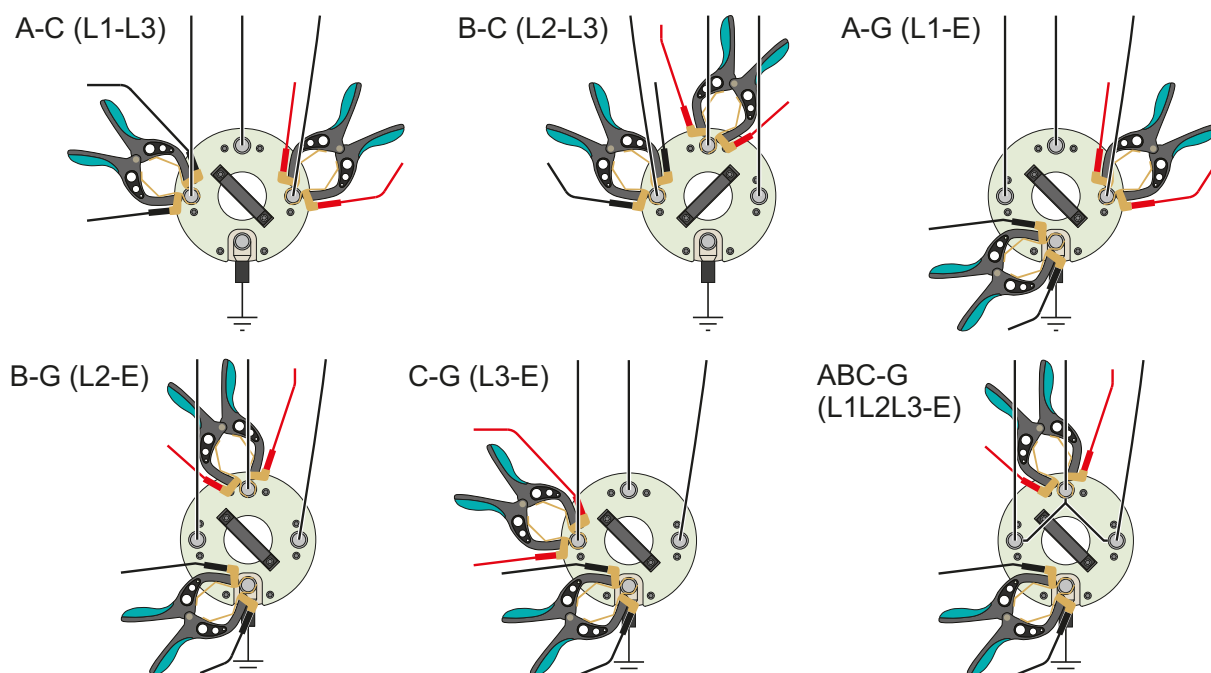


Figure 4-9: Connexion des pinces pour les boucles de mesure 2 à 7

4.2.1 Mesure de l'impédance de ligne à l'aide de la carte de test Sequencer du *CPC 100*

1. Lors du contrôle du quatrième critère, utiliser le modèle dédié du *CPC 100* situé sous :

Modèles > Autre > **Impédance de ligne**

2. Sélectionner le modèle correspondant à la plage de courant définie sur le *CP CU1*.

Le modèle contient les cartes de test suivantes :

- **Schéma L1-L2** (carte de test Commentaire indiquant les connexions requises)
- **L1-L2** (carte de test Sequencer - mesure réelle)
- **Schéma L1-L3**
- **L1-L3**
- **Schéma L2-L3**
- **L2-L3**
- **Schéma L1-E**
- **L1-E**
- **Schéma L2-E**
- **L2-E**
- **Schéma L3-E**
- **L3-E**
- **Schéma L1L2L3-E**
- **L1L2L3-E**
- **Version** (contrôle de la version pour le modèle Excel)

Les cartes de test **Schéma** sont des cartes de test Commentaire, qui indiquent comment connecter les pinces au *CP GB1*. La mesure est ensuite réalisée avec la carte de test Sequencer qui suit la carte de test **Schéma**.

3. Appuyer sur le bouton **I/O** situé sur le panneau avant du *CPC 100* pour lancer la mesure une fois les pinces correctement connectées au *CP GB1* comme indiqué sur la carte de test **Schéma** appropriée ainsi qu'à la Figure 4-8: «Boucle de mesure d'impédance de ligne A-B (L1-L2)» page 43 et à la Figure 4-9: «Connexion des pinces pour les boucles de mesure 2 à 7» page 44.

La mesure est arrêtée automatiquement une fois la séquence terminée.

Remarque: l'extrémité proche de la ligne ne doit pas être raccordée à la terre lors de l'injection du courant de test. La raccorder à la terre immédiatement après la mesure.

Il est recommandé d'enregistrer le fichier de test sur le *CPC 100* après chaque boucle de mesure afin d'éviter toute perte de données en cas de coupure du courant inattendue.

4. Une fois l'ensemble des tests réalisés, ouvrir le fichier du *CPC 100* (fichier xml) avec le modèle Excel correspondant (Line Imp.xlt) à partir de la page de démarrage du *CPC 100* dans la section **Modèles de test**. Contrôler minutieusement les résultats, en s'aidant si besoin des commentaires du rapport de test.

4.2.2 Mesure de l'impédance de ligne à l'aide de la carte de test d'impédance de ligne

Une fois les trois premiers critères contrôlés à l'aide de la carte de test d'impédance de ligne (voir la section 3.5 «Contrôle des quatre critères à l'aide de la carte de test Impédance de ligne» page 34) et la notification de la plage de courant confirmée, la page principale de la carte de test d'**impédance de ligne** s'affiche. La plage de courant requise pour la carte de test est alors automatiquement spécifiée sous **Itest**.

Remarque: il est recommandé d'utiliser le nouveau modèle d'**impédance de ligne**.

1. Appuyer sur le bouton **I/O** situé sur le panneau avant du *CPC 100* pour lancer la mesure une fois les pinces correctement connectées au *CP GB1* comme indiqué sur la carte de test **Schéma** appropriée ainsi qu'à la Figure 4-8: «Boucle de mesure d'impédance de ligne A-B (L1-L2)» page 43 et à la Figure 4-9: «Connexion des pinces pour les boucles de mesure 2 à 7» page 44.

La mesure est arrêtée automatiquement une fois la séquence terminée.

Remarque: l'extrémité proche de la ligne ne doit pas être raccordée à la terre lors de l'injection du courant de test. La raccorder à la terre immédiatement après la mesure.

Il est recommandé d'enregistrer le fichier de test sur le *CPC 100* après chaque boucle de mesure afin d'éviter toute perte de données en cas de coupure du courant inattendue.

2. Une fois l'ensemble des tests réalisés, ouvrir le fichier du *CPC 100* (fichier xml) avec le modèle Excel correspondant (Line Imp 1-phase.xlt, Line Imp 2-phase.xlt ou Line Imp 3-phase.xlt) à partir de la page de démarrage du *CPC 100* dans la section **Modèles de test**. Contrôler minutieusement les résultats, en s'aidant si besoin des commentaires du rapport de test.

4.3 Mesure de l'impédance de ligne pour les lignes double terre (couplage mutuel)

Réaliser le test décrit ci-après si un couplage mutuel avec une ligne parallèle doit être pris en considération. Noter que le modèle ne s'applique qu'aux véritables lignes double terre, lorsque les deux circuits interconnectent les mêmes barres omnibus.

1. Suivre les instructions du chapitre 3 «Raccordement du CP CU1 à une ligne de puissance» page 26 pour raccorder le *CP CU1* à la ligne de puissance testée et s'assurer du respect des quatre critères à l'aide de la carte de test d'impédance de ligne (voir la section 3.5 «Contrôle des quatre critères à l'aide de la carte de test Impédance de ligne» page 34) ou manuellement, tel que décrit aux sections 3.1 à 3.4 (à partir de la page 27).

AVERTISSEMENT



Risque de mort ou de blessures graves causées par une tension ou un courant élevé

- Utiliser des câbles de terre (MALT de travail) pour relier la ligne de puissance à la terre à l'extrémité proche lors de toute intervention sur le montage de mesure à l'intérieur de la zone de danger (par exemple lors du changement de connexions du *CP GB1* entre les boucles de mesure).

La figure 4-10 ci-dessous présente un exemple de connexion du *CP CU1* au *CP GB1* pour la boucle de mesure A-B.

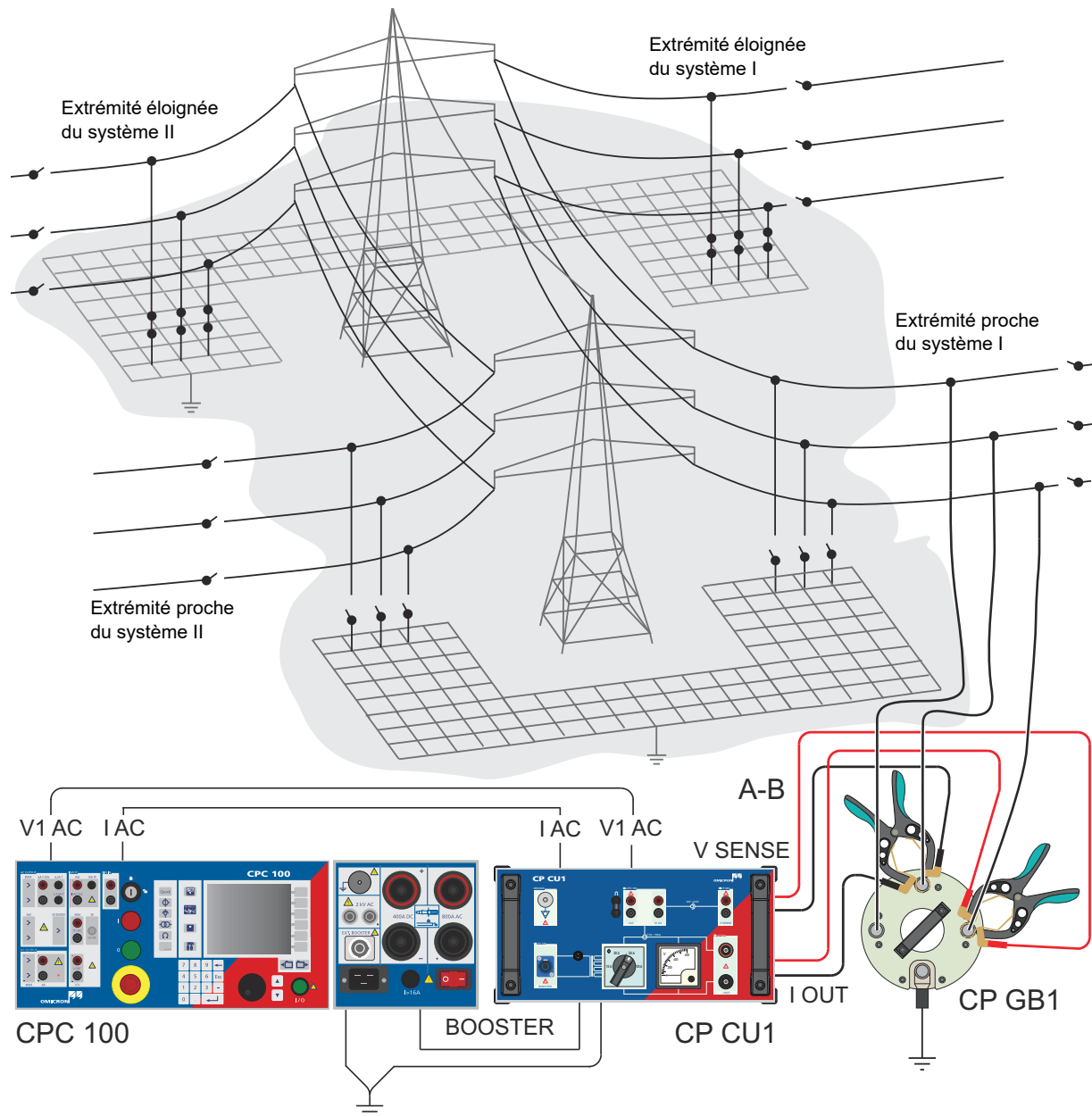
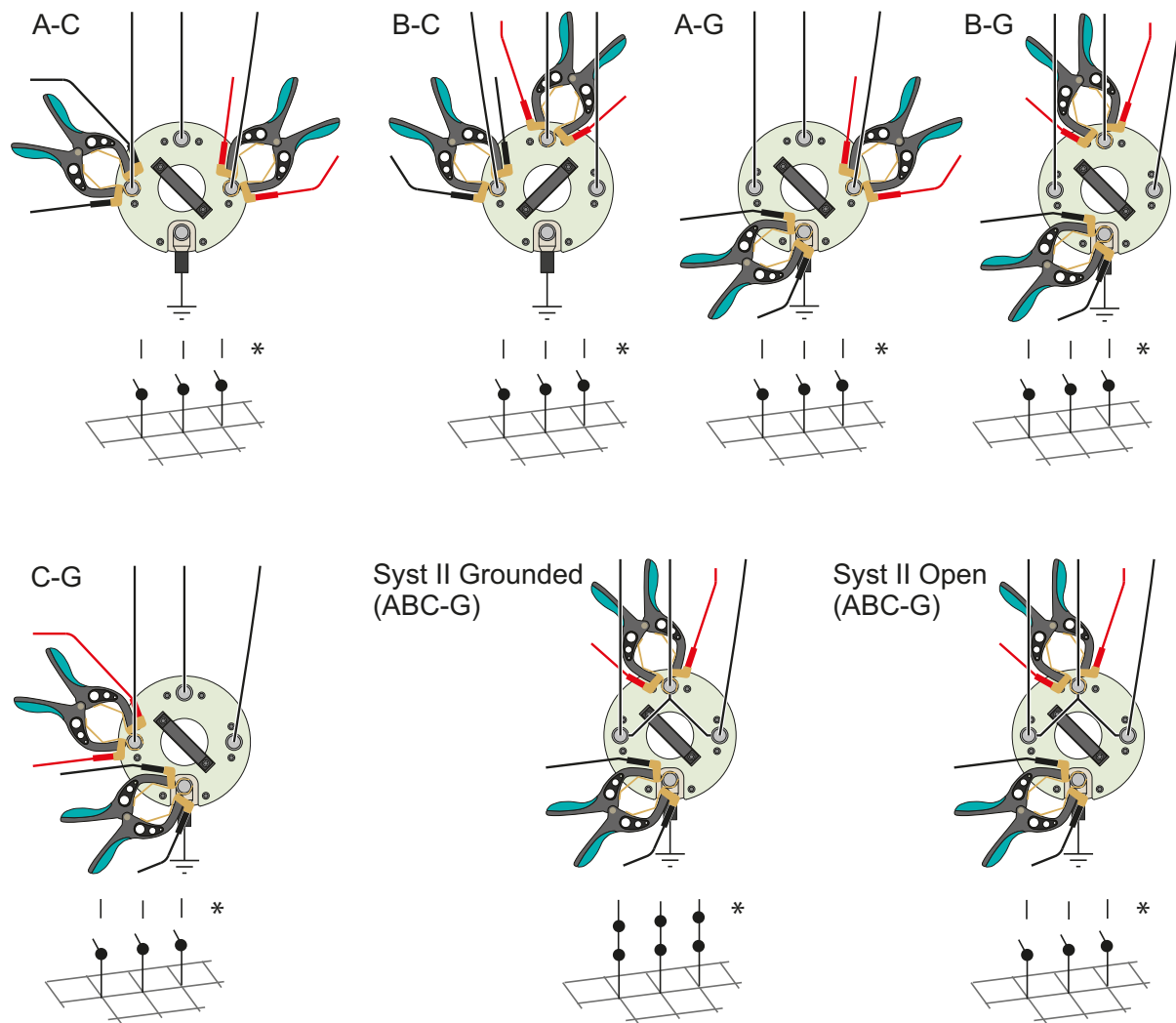


Figure 4-10: Boucle de mesure de couplage mutuel A-B

2. Modifier les connexions pour les autres boucles de mesure, comme illustré à la figure 4-11 ci-après. Noter également l'état du sectionneur de terre du système parallèle à l'extrémité proche de la ligne.
3. À l'aide du câble à trois fils (voir la section 2.4.2 «Mise en court-circuit des phases» page 18), court-circuiter les trois phases pour les deux dernières boucles de mesure **Syst II mis à la terre** (ABC-G) et **Syst II ouvert** (ABC-G).



* Sectionneur de terre à l'extrémité proche du système II

Figure 4-11: Connexion des pinces et état du sectionneur de terre à l'extrémité proche de la ligne pour les boucles de mesure 2 à 8

4.3.1 Mesure de l'impédance de ligne à l'aide de la carte de test Sequencer du *CPC 100* pour une ligne double terre

1. Lors du contrôle du quatrième critère, utiliser le modèle dédié du *CPC 100* situé sous :

Modèles > Autre > **Couplage mutuel**

2. Sélectionner le modèle correspondant à la plage de courant définie sur le *CP CU1*.

Le modèle contient les cartes de test suivantes :

- **Schéma A-B** (carte de test Comment indiquant les connexions requises)
- **A-B** (carte de test Sequencer - mesure réelle)
- **Schéma A-C**
- **A-C**
- **Schéma B-C**
- **B-C**
- **Schéma A-G**
- **A-G**
- **Schéma B-G**
- **B-G**
- **Schéma C-G**
- **C-G**
- **Schéma Syst II mis à la terre** (ABC-G)
- **Syst II mis à la terre** (ABC-G)
- **Schéma Syst II ouvert** (ABC-G)
- **Syst II ouvert** (ABC-G)
- **Version** (contrôle de la version pour le modèle Excel)

Les cartes de test **Schéma** sont des cartes de test Commentaire, qui indiquent comment connecter les pinces au *CP GB1*. La mesure est ensuite réalisée avec la carte de test Sequencer qui suit la carte de test **Schéma**.

3. Appuyer sur le bouton **I/O** situé sur le panneau avant du *CPC 100* pour lancer la mesure une fois les pinces correctement connectées au *CP GB1* comme indiqué sur la carte de test **Schéma** appropriée ainsi qu'à la Figure 4-10: «Boucle de mesure de couplage mutuel A-B» page 47 et à la Figure 4-11: «Connexion des pinces et état du sectionneur de terre à l'extrémité proche de la ligne pour les boucles de mesure 2 à 8» page 48.

La mesure est arrêtée automatiquement une fois la séquence terminée.

Remarque: l'extrémité proche de la ligne ne doit pas être raccordée à la terre lors de l'injection du courant de test. La raccorder à la terre immédiatement après la mesure.

Il est recommandé d'enregistrer le fichier de test sur le *CPC 100* après chaque boucle de mesure afin d'éviter toute perte de données en cas de coupure du courant inattendue.

4. Une fois l'ensemble des tests réalisés, ouvrir le fichier du *CPC 100* (fichier xml) avec le modèle Excel correspondant (Mutual Coupling.xlt) à partir de la page de démarrage du *CPC 100* dans la section Modèles de test. Contrôler minutieusement les résultats, en s'aidant si besoin des commentaires du rapport de test.

4.3.2 Mesure de l'impédance de ligne à l'aide de la carte de test d'impédance de ligne pour une ligne double terre

Une fois les trois premiers critères contrôlés à l'aide de la carte de test d'impédance de ligne (voir la section 3.5 «Contrôle des quatre critères à l'aide de la carte de test Impédance de ligne» page 34) et la notification de la plage de courant confirmée, la page principale de la carte de test d'**impédance de ligne** s'affiche. La plage de courant requise pour la carte de test est alors automatiquement spécifiée sous **Itest**.

Remarque: il est recommandé d'utiliser le nouveau modèle d'**impédance de ligne**.

1. Appuyer sur le bouton **I/O** situé sur le panneau avant du *CPC 100* pour lancer la mesure une fois les pinces correctement connectées au *CP GB1* comme indiqué sur la carte de test **Schéma** appropriée ainsi qu'à la Figure 4-10: «Boucle de mesure de couplage mutuel A-B» page 47 et à la Figure 4-11: «Connexion des pinces et état du sectionneur de terre à l'extrémité proche de la ligne pour les boucles de mesure 2 à 8» page 48.

La mesure est arrêtée automatiquement une fois la séquence terminée.

Remarque: l'extrémité proche de la ligne ne doit pas être raccordée à la terre lors de l'injection du courant de test. La raccorder à la terre immédiatement après la mesure.

Il est recommandé d'enregistrer le fichier de test sur le *CPC 100* après chaque boucle de mesure afin d'éviter toute perte de données en cas de coupure du courant inattendue.

2. Une fois l'ensemble des tests réalisés, ouvrir le fichier du *CPC 100* (fichier xml) avec le modèle Excel correspondant (Mutual Coupling 3-phase.xlt) à partir de la page de démarrage du *CPC 100* dans la section **Modèles de test**. Contrôler minutieusement les résultats, en s'aidant si besoin des commentaires du rapport de test.

5 Mesures relatives aux installations de mise à la terre

Le présent Manuel d'utilisation observe les trois normes suivantes relatives à la sécurité et aux mesures pour les installations de mise à la terre à courant alternatif :

- EN 50522:2011 « Prises de terre des installations électriques à courant alternatif de puissance supérieure à 1 kV »
- IEEE 80-2013 « Guide for Safety in AC Substation Grounding »
- IEEE 81-2012 « Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance, and Earth Surface Potentials of a Grounding System »

Ces normes sont par la suite désignées sous les termes « EN 50522 », « IEEE 80 » et « IEEE 81 ».

Lors d'un défaut à la terre, le courant retourne au neutre du réseau. Afin d'établir une voie de retour de faible résistance ohmique pour le courant de défaut, les installations de mise à la terre permettent une liaison conductrice de faible résistance ohmique entre le sol et le neutre du réseau. En principe, une installation de mise à la terre est constituée d'éléments conducteurs, tels que des fils, des piquets de terre, etc. Ces éléments sont en contact direct avec le sol, ce qui permet le passage d'un courant entre le sol et le neutre. Plus le nombre d'éléments conducteurs introduits dans le sol est important, plus l'installation de mise à la terre est efficace (faible résistance ohmique).

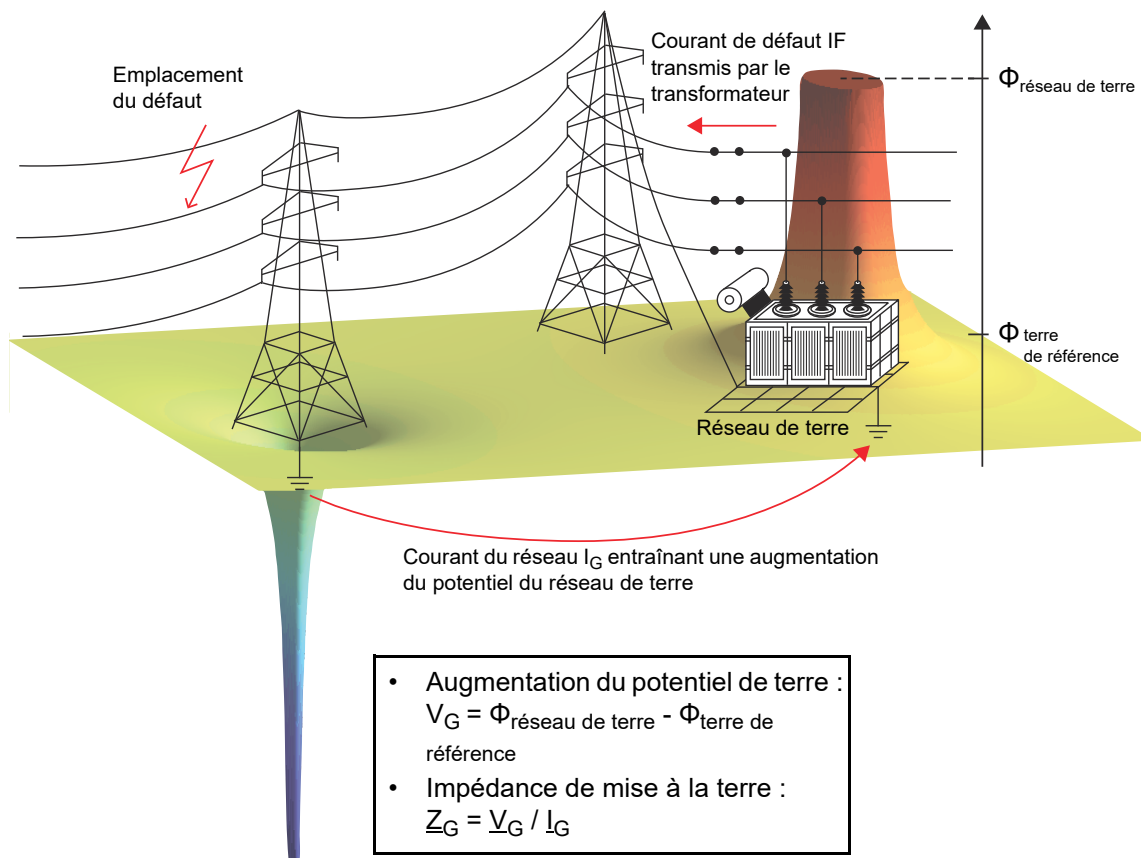


Figure 5-1: Distribution du potentiel en cas de défaut à la terre

La figure 5-1 ci-dessus présente la distribution du potentiel en cas de défaut à la terre sur une ligne. Le courant de retour par le sol entraîne une augmentation du potentiel de l'installation de mise à la terre par rapport à la terre de référence. Le potentiel de terre de référence est représenté ici par la grande surface plane en vert. Selon la théorie de l'hémisphère équivalent, le courant de retour entraîne une augmentation du potentiel V_G prenant la forme d'un cône à proximité de l'installation de mise à la terre.

Cette augmentation du potentiel de terre correspond à la tension entre l'installation de mise à la terre et un emplacement infiniment distant. Le potentiel de cet emplacement distant se situe sur la section plane au delà de l'augmentation de potentiel de l'installation de mise à la terre. On considère que l'installation de mise à la terre n'a alors plus d'impact direct sur cette zone. Par ailleurs, l'impédance du réseau de terre Z_G est introduite, représentant l'impédance entre l'installation de mise à la terre et la terre de référence.

$$Z_G = \frac{V_G}{I_G} \quad (\text{Eq. 5-1})$$

Une forte augmentation du potentiel implique un « mauvais contact » avec la terre de référence et une impédance du réseau de terre élevée, respectivement. Pour réduire cette impédance, l'installation de mise à la terre doit être étendue en ajoutant des éléments conducteurs supplémentaires ou en remplaçant les éléments conducteurs défectueux.

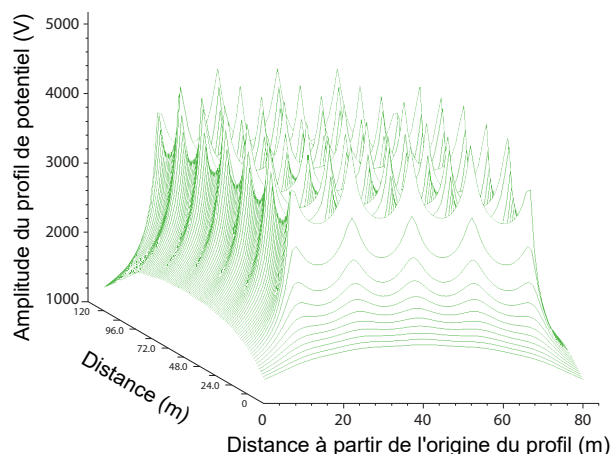


Figure 5-2: Contours du potentiel d'un réseau de terre

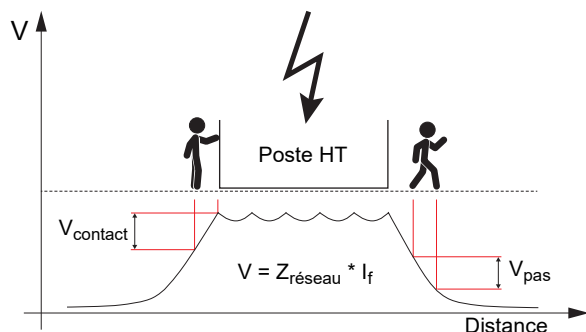


Figure 5-3: Tensions de pas et de contact

Les figures 5-2 et 5-3 précédentes illustrent de manière détaillée l'augmentation de potentiel d'un réseau de terre. Contrairement à l'illustration simplifiée de la figure 5-1, page 51, les contours du potentiel au sein de l'installation de mise à la terre ne sont pas plats. Pour des raisons de sécurité, il convient donc de tenir compte des tensions de contact et de pas au sein et en dehors du poste.

La tension de contact correspond à la différence de potentiel entre une structure métallique raccordée à la terre et un emplacement situé à 1 m en cas d'un défaut à la terre. Il s'agit du pire scénario pour un individu entrant en contact avec l'équipement, puisqu'on suppose une longueur de bras maximale de 1 m.

La tension de pas correspond à la différence de potentiel entre deux emplacements distants de 1 m dans le cadre d'un défaut à la terre. Il s'agit là aussi du pire scénario pour un individu situé à 1 m.

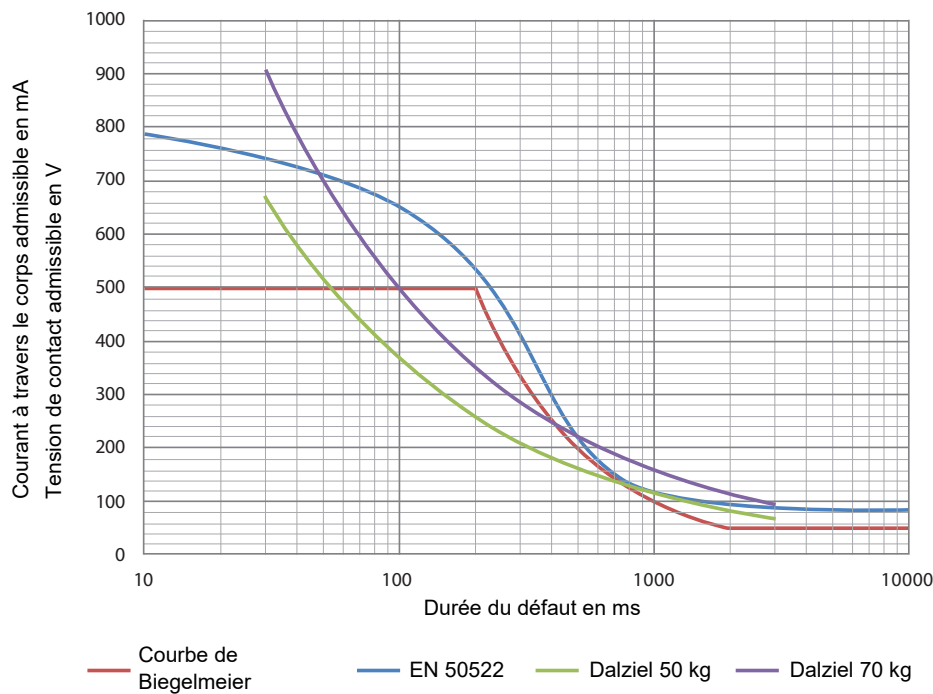


Figure 5-4: Courants de structure admissibles selon les normes EN 50522 et IEEE 80

Les normes EN 50522 et IEEE 80 définissent le courant à travers le corps admissible, comme illustré à la figure 5-4 ci-dessus. La norme IEEE 80 propose même trois limites différentes (Dalziel et Biegelmeier) mais ne formule aucune recommandation explicite. Ces courants à travers le corps dépendent de la durée de défaut maximale : plus le défaut dure longtemps, plus le courant à travers le corps admissible est bas. L'impédance du corps est considérée comme étant de 1 k Ω par les deux normes, ce qui implique une tension de contact admissible identique au courant à travers le corps dans la figure 5-4, mais en V. Cependant, en termes de mesure et d'évaluation des tensions de contact et de pas, les deux normes définissent des approches différentes.

La norme EN 50522 recommande une méthode simulant le corps humain, en mesurant la tension de contact via une résistance de 1 k Ω et en utilisant une plaque métallique pour simuler un individu pieds nus. Elle recommande également d'humidifier le sol sous cette plaque métallique afin de simuler le pire scénario possible. La norme IEEE 81 recommande quant à elle de mesurer les tensions de contact et de pas à l'aide d'un voltmètre de forte résistance ohmique et d'un piquet de terre introduit dans le sol sur environ 20 cm. La tension de contact mesurée dans ces conditions est ainsi supérieure à la tension de contact à laquelle un individu pourrait être exposé. La norme IEEE 80 envisage également des

résistances supplémentaires pour l'évaluation des tensions de contact et de pas. Le modèle Excel relatif aux tensions de contact et de pas détermine la tension de contact admissible pour chacune de ces deux normes en tenant compte de la durée du défaut et, si nécessaire, des résistances supplémentaires.

Les lignes aériennes sont généralement dotées d'un fil de terre, tandis que les câbles de puissance présentent un blindage. Les deux permettent de réduire le courant réseau dans l'éventualité d'un défaut à la terre, entraînant ainsi une réduction des tensions de contact et de pas. Afin d'établir qu'une certaine quantité du courant de défaut est acheminée via le fil de terre ou le blindage, il est possible de mesurer le facteur de réduction (ou facteur de division du courant).

5.1 Mesure de l'impédance du réseau de terre

5.1.1 Mesures sans *PTM* (indépendantes)

AVERTISSEMENT



Risque de mort ou de blessures graves causées par une tension ou un courant élevé

- Utiliser des câbles de terre (MALT de travail) pour relier la ligne de puissance à la terre à l'extrémité proche lors de toute intervention sur le montage de mesure à l'intérieur de la zone de danger (par exemple lors du changement de connexions du *CP GB1* entre les boucles de mesure).

1. Suivre les instructions fournies au chapitre 3 «Raccordement du CP CU1 à une ligne de puissance» page 26 pour connecter le *CP CU1* à la ligne de puissance testée.
2. Si le critère 3 est satisfait, réaliser le montage de mesure comme illustré à la figure 5-5 ci-dessous.

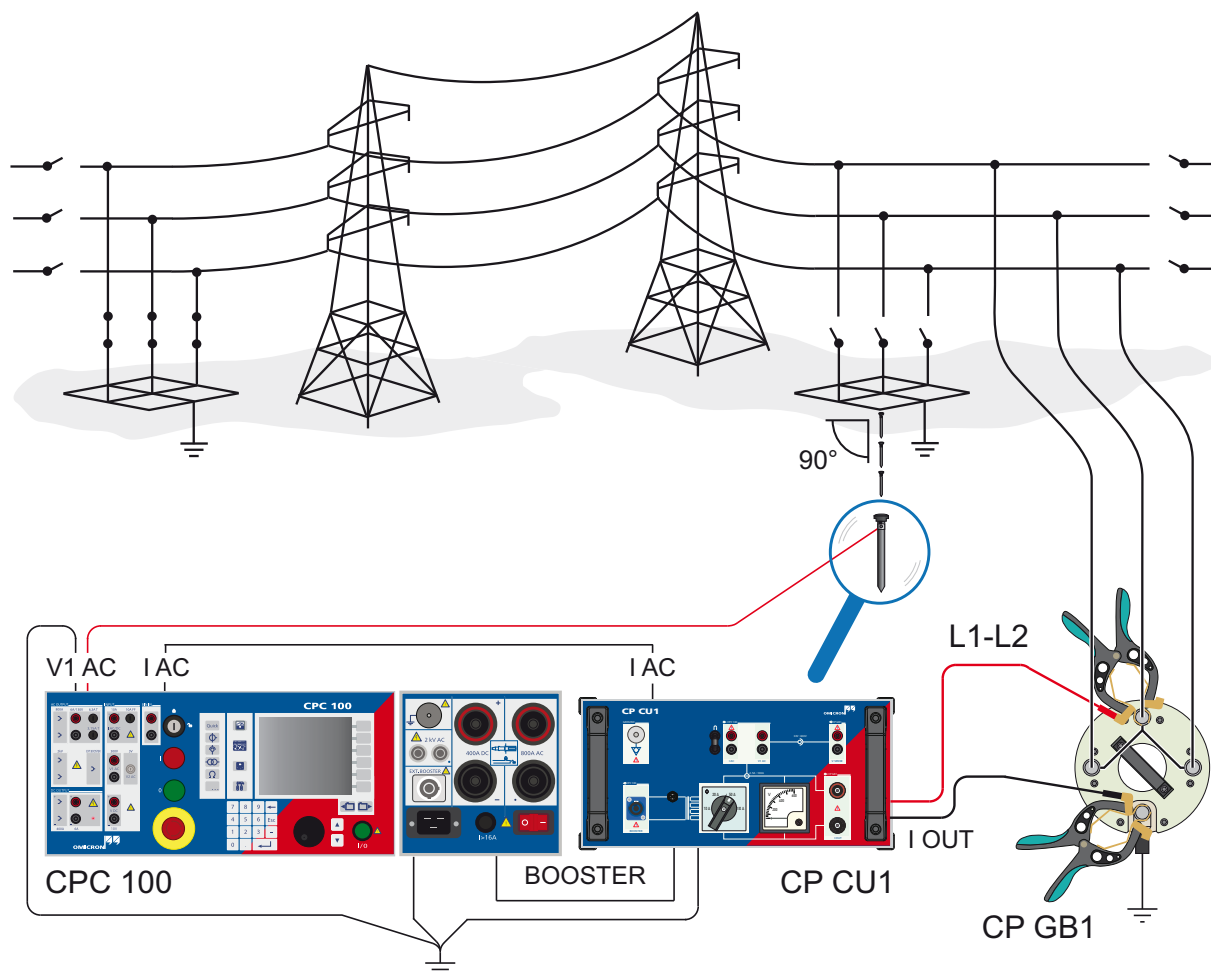


Figure 5-5: Montage de mesure de l'impédance du réseau de terre

Remarque: afin d'obtenir des valeurs fiables, il est essentiel de tenir compte de la distance entre l'installation de mise à la terre testée et le poste distant. La norme IEEE 81 recommande une distance minimale égale à cinq fois les dimensions maximales de l'installation de mise à la terre afin d'éviter que l'augmentation du potentiel de terre de l'installation de mise à la terre et celle de la sonde de courant ne se chevauchent. La norme EN 50522 recommande quant à elle une distance minimale de 5 km, quelle que soit la taille de l'installation de mise à la terre. En règle générale, le montage doit reproduire le pire scénario en cas d'un défaut sur une ligne simple, ce qui doit être défini pour chaque installation de mise à la terre.

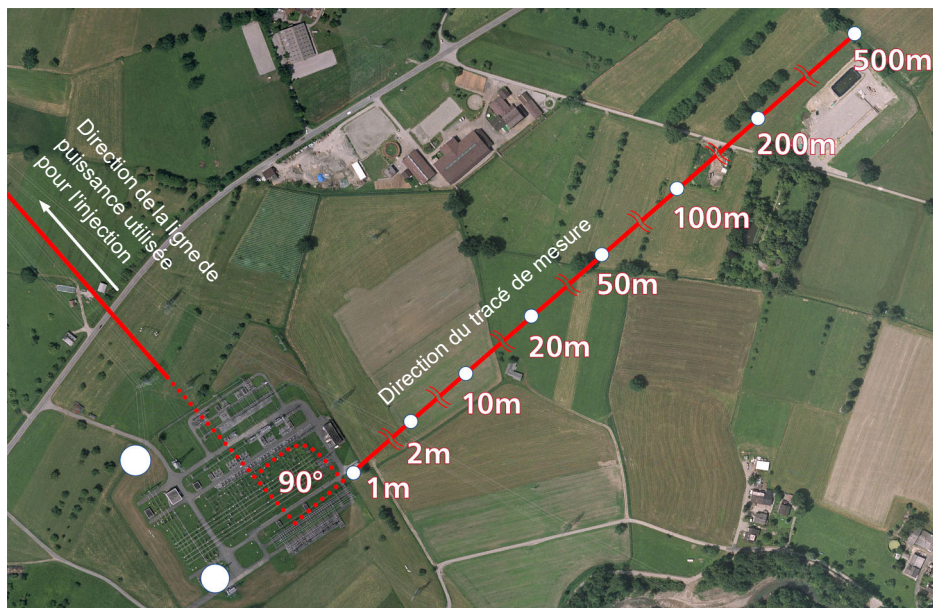


Figure 5-6: Direction du tracé de mesure

Selon les normes EN 50522 et IEEE 81, l'angle entre la ligne utilisée pour l'injection et le tracé de mesure doit être de 90° afin d'éviter les effets de couplage, qui pourraient influencer la mesure. Lorsque cela s'avère impossible en raison de la topographie des lieux ou d'un quelconque obstacle dû à l'activité humaine dans les environs du poste, il convient de maintenir un angle de 60° minimum.

Le tracé de mesure doit être établi à l'aide de piquets de terre placés à une distance spécifique de l'installation de mise à la terre. Les distances suivantes peuvent être utilisées comme référence: 1 m, 2 m, 5 m, 10 m, 20 m, 50 m, 100 m, 150 m, 200 m, en augmentant ensuite par incréments de 100 m.

AVERTISSEMENT



Risque de mort ou de blessures graves causées par une tension ou un courant élevé

En cas de défaillance, l'extrémité éloignée du câble de mesure peut présenter une tension élevée.

- Il est recommandé de déconnecter le câble de test du piquet de terre au niveau de l'entrée V1 AC du CP CU1 si aucune mesure ne doit plus être réalisée et de passer à l'emplacement suivant. Cela permet d'éviter tout transfert de potentiel à l'extrémité éloignée du câble de test en cas de défaillance au niveau du poste.

3. Suivre les exemples de la Figure 5-5: page 55 que de la Figure 5-6: page 56, en connectant la fiche noire de l'entrée V1 AC à une section raccordée à la terre quelconque du poste et la fiche rouge au piquet de terre, utilisé comme électrode de test.
4. Placer le piquet de terre à la distance à partir de laquelle débiter la mesure. Dans cet exemple, il s'agit d'une distance de 1 m.

PRUDENCE



Risque de blessures légères ou modérées causées par un déclenchement sur le câble de mesure

- Si le câble de mesure traverse des obstacles, tels que des routes ou des trottoirs, avertir les passants de la présence du câble afin d'éviter tout risque de chute.



5. Appuyer sur le bouton **Options** situé à gauche de l'écran du *CPC 100* pour accéder au menu du même nom.

Configuration équipement		Réseau	Affichage	Mode A distance
Amplificateur externe		CU1		Enregistr Options Restaure param. par déf. Redémarr
Paramètres pince & transformateur d'entrée				
Pince I:	V1 AC	0.10000 V/A		
TC:	I AC	100.0 A	2.5000 A	
TT:	V1 AC	600.0 V	30.0000 V	
☐ Désactiver le contrôle de la terre Fréquence par défaut: 50.00 Hz Enregis. auto: 10 minutes				

Figure 5-7: Onglet **Configuration équipement** du menu **Options** du *CPC 100*

6. Vérifier que le champ **Amplificateur externe** indique bien CU1.
7. Dans le cas contraire, définir cette valeur.

Les paramètres TC et TT sont automatiquement configurés en fonction des transformateurs de courant et de tension intégrés à l'appareil.



8. Appuyer sur le bouton **Carte de test** situé sur le panneau avant du *CPC 100* pour changer de vue.
9. Lors du contrôle du quatrième critère, utiliser le modèle dédié du *CPC 100* situé sous :

Modèles > Installations de mise à la terre > **Impédance de terre.**

10. Sélectionner le modèle correspondant à la plage de courant définie sur le *CP CU1*.

Le modèle contient les cartes de test suivantes :

- **Instruction**
- **Entrer Distance** (carte de test Sequencer) : cette carte de test doit être renommée d'après la distance de début de la mesure. Au fil de la progression de la mesure, d'autres cartes de test doivent être ajoutées et renommées sur le même principe.
- **Versión** (contrôle de la version pour le modèle Excel)

11. Sélectionner la carte de test **Entrer Distance** en cliquant sur l'onglet correspondant dans le haut du modèle.

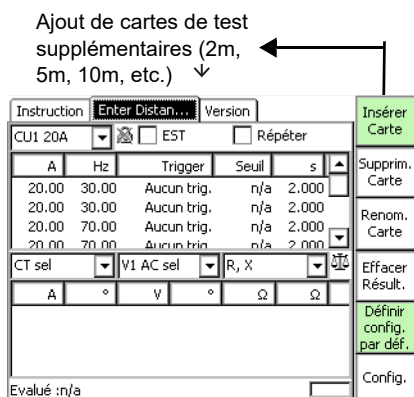


Figure 5-8: Carte de test **Entrer Distance** du modèle **Impédance de mise à la terre** du **CPC 100**

12. Appuyer sur **Renom. Carte** dans le menu contextuel de droite pour renommer la carte de test **Entrer Distance** « 1m » si, par exemple, vous souhaitez débuter la mesure à 1 m de l'installation de mise à la terre.

Remarque: il ne doit pas y avoir d'espace entre le nombre et le caractère ; cela n'est pas toléré par le modèle Excel. Il faut donc écrire « 1m ». Il est également possible de remplacer le « m » par « pi » pour utiliser des pieds.

13. Appuyer sur **Définir config. par déf.** pour écraser la configuration par défaut pour les nouvelles cartes de test Sequencer.

Remarque: les paramètres sont ainsi automatiquement appliqués aux nouvelles cartes de test Sequencer ajoutées au fil de la progression de la mesure de l'impédance du réseau de terre.

14. Appuyer sur le bouton **I/O** situé sur le panneau avant du **CPC 100** pour lancer le premier cycle de mesure.
15. À l'issue de ce cycle, déplacer le piquet de terre à l'emplacement suivant approprié, par exemple, à 2 m.
16. Appuyer sur **Insérer Carte** pour ajouter une nouvelle carte de test Sequencer.
17. Appuyer sur **Renom. Carte** pour renommer cette nouvelle carte de test d'après la distance du piquet de terre.
18. Appuyer ensuite sur le bouton **I/O** situé sur le panneau avant du **CPC 100** pour lancer le cycle de mesure suivant.
19. Répéter les quatre étapes précédentes jusqu'à obtenir une impédance du réseau de terre stable et atteindre la section plane du profil.

Il est recommandé d'enregistrer après chaque point de test.

20. Une fois l'ensemble des tests réalisés, ouvrir le fichier du *CPC 100* (fichier xml) avec le modèle Excel correspondant (Ground Imp.xlt) à partir de la page de démarrage du *CPC 100* dans la section **Modèles de test**. Contrôler minutieusement les résultats, en s'aidant si besoin des commentaires du rapport de test.

Norme appliquée		EN 50522:2011		Durée de défaut max. :		600 ms	
Facteur de réduction du courant de test :		Amplitude	Phase	Courant de terre		900 A	
		0,60	0,00°				
Augmentation du potentiel de terre admissible :				350 V			
Fréquence nominale :		50,0 Hz					
Distance / m	Commentaire	R / Ω	X / Ω	Z / Ω	φ / °	V _{Step} / V/m	V / V
1		0,023	0,006	0,024	14,55		21,20
2		0,034	0,009	0,035	14,20	10,60	31,80
10		0,126	0,032	0,130	14,22	10,63	116,83

Figure 5-9: Modèle Excel pour l'impédance du réseau de terre

Les informations pouvant être saisies dans le modèle sont les suivantes :

- Norme appliquée
- Durée de défaut maximale
- Facteur de réduction du courant de test
- Fréquence nominale

Le modèle renvoie quant à lui les données suivantes sous forme de tableau et de graphique :

- Impédance de mise à la terre
- Augmentation du potentiel de terre
- Tension de pas.

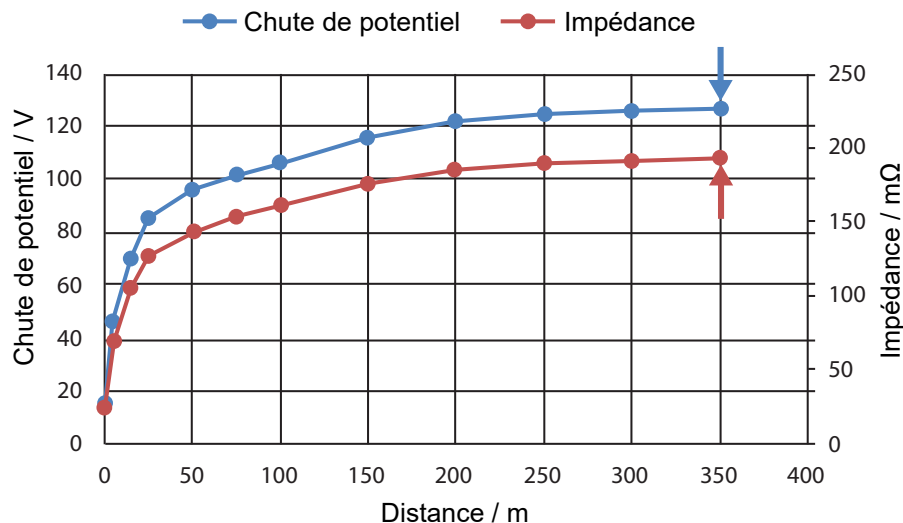


Figure 5-10: Profils d'impédance et de tension

La figure 5-10 ci-dessus présente l'impédance de mise à la terre et l'augmentation du potentiel de terre. La valeur de la section plane de la courbe correspond, respectivement, à l'impédance de mise à la terre et à l'augmentation du potentiel de terre. Les deux flèches marquent quant à elles le résultat de mesure final.

Selon la norme EN 50522, la mesure des tensions de contact et de pas peut être omise si l'augmentation du potentiel de terre est inférieure au double de la tension de contact admissible. Cette valeur est également indiquée dans le modèle, comme illustré ci-dessus. La norme IEEE 80 ne mentionne aucune limite quant à l'augmentation du potentiel de terre ou à l'impédance de mise à la terre.

5.1.2 Mesures avec *PTM* (à l'aide d'une tablette Windows)

AVERTISSEMENT



Risque de mort ou de blessures graves causées par une tension ou un courant élevé

- Utiliser des câbles de terre (MALT de travail) pour relier la ligne de puissance à la terre à l'extrémité proche lors de toute intervention sur le montage de mesure à l'intérieur de la zone de danger (par exemple lors du changement de connexions du *CP GB1* entre les boucles de mesure).

1. Suivre les instructions fournies au chapitre 3 «Raccordement du CP CU1 à une ligne de puissance» page 26 pour connecter le *CP CU1* à la ligne de puissance testée.
2. Si le critère 3 est satisfait, réaliser le montage de mesure comme illustré à la figure 5-11 ci-dessous.

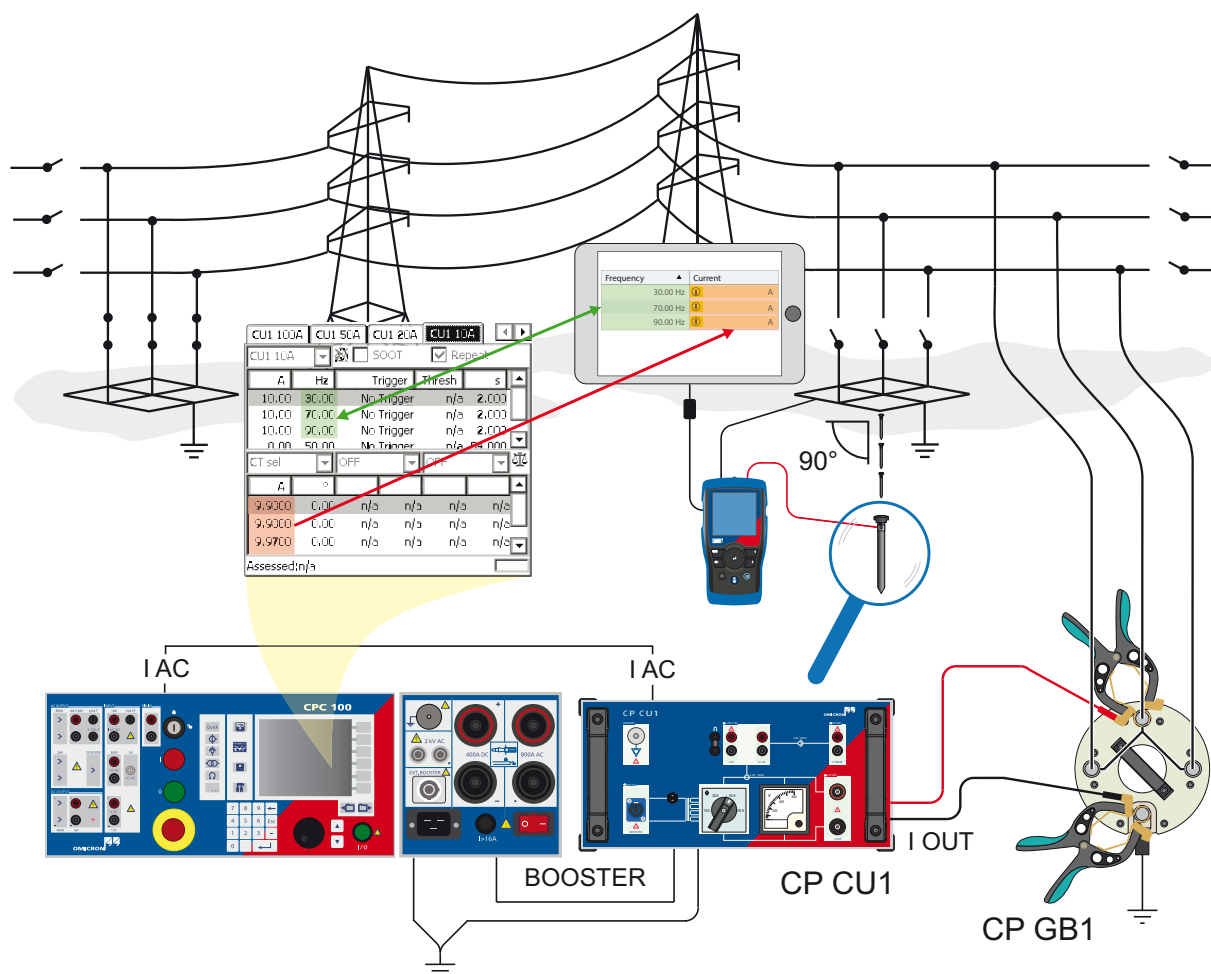


Figure 5-11: Configuration de la mesure d'impédance de terre lors de l'utilisation de *PTM* sur une tablette

Remarque: afin d'obtenir des valeurs fiables, il est essentiel de tenir compte de la distance entre l'installation de mise à la terre testée et le poste distant. La norme IEEE 81 recommande une distance minimale égale à cinq fois les dimensions maximales de l'installation de mise à la terre afin d'éviter que

l'augmentation du potentiel de terre de l'installation de mise à la terre et celle de la sonde de courant ne se chevauchent. La norme EN 50522 recommande quant à elle une distance minimale de 5 km, quelle que soit la taille de l'installation de mise à la terre.

En règle générale, le montage doit reproduire le pire scénario en cas d'un défaut sur une ligne simple, ce qui doit être défini pour chaque installation de mise à la terre.

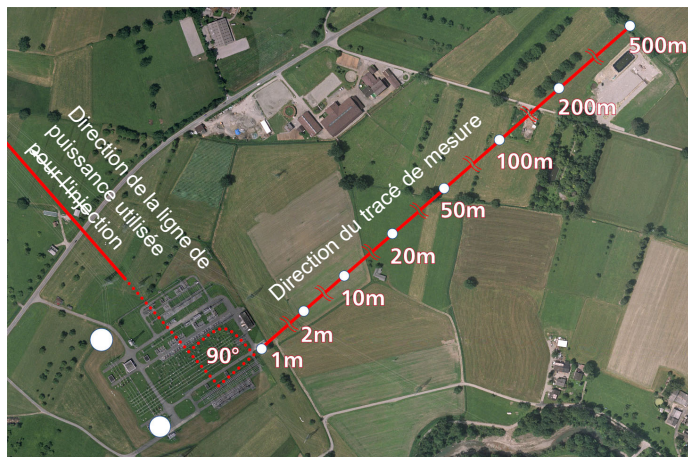


Figure 5-12: Direction du tracé de mesure

Selon les normes EN 50522 et IEEE 81, l'angle entre la ligne utilisée pour l'injection et le tracé de mesure doit être de 90° afin d'éviter les effets de couplage, qui pourraient influencer la mesure. Lorsque cela s'avère impossible en raison de la topographie des lieux ou d'un quelconque obstacle dû à l'activité humaine dans les environs du poste, il convient de maintenir un angle de 60° minimum.

Le tracé de mesure doit être établi à l'aide de piquets de terre placés à une distance spécifique de l'installation de mise à la terre. Les distances suivantes peuvent être utilisées comme référence : 1 m, 2 m, 5 m, 10 m, 20 m, 50 m, 100 m, 150 m, 200 m, en augmentant ensuite par incréments de 100 m.

3. Lors du contrôle du quatrième critère, utiliser le modèle dédié du *CPC 100* situé sous :

Modèles > Installations de mise à la terre > **PTM**

4. Ouvrir le fichier correspondant à la fréquence d'alimentation et naviguer jusqu'à la carte de test correspondant à la plage de courant sélectionnée sur le *CP CU1*.

CU1 100A	CU1 50A	CU1 20A	CU1 10A	
CU1 10A	☐ SOOT	☒ Repeat		
A	Hz	Trigger	Thresh	s
10.00	30.00	No Trigger	n/a	2.000
10.00	70.00	No Trigger	n/a	2.000
10.00	90.00	No Trigger	n/a	2.000
0.00	50.00	No Trigger	n/a	54.000
CT sel	OFF	OFF		
A	°			
9.9800	0.00	n/a	n/a	n/a
9.9000	0.00	n/a	n/a	n/a
9.9700	0.00	n/a	n/a	n/a
Assessed:n/a				

Figure 5-13: Carte de test **CU1 10** du modèle **PTM** sur le *CPC 100*

La figure 5-13 présente les paramètres de la carte de test **CU1 10** du modèle **PTM**. La séquence est constituée de quatre états, appliqués en boucle infinie (l'option **Répéter** est activée dans la carte de test) :

- Injection d'un courant de test à 30 Hz pendant 2 s (mesure de la tension de contact à un emplacement distinct à 30 Hz)
 - Injection d'un courant de test à 70 Hz pendant 2 s (mesure de la tension de contact à un emplacement distinct à 70 Hz)
 - Injection d'un courant de test à 90 Hz pendant 2 s (mesure de la tension de contact à un emplacement distinct à 90 Hz)
 - Aucune injection pendant 54 s (afin de passer à l'emplacement de mesure suivant du poste)
- Appuyer sur le bouton I/O du **CPC 100** pour lancer l'injection.
 - Démarrer **PTM** sur la tablette et saisir les valeurs de courant du **CPC 100** pour chaque fréquence définie sous **Paramètres et conditions**. Vérifier également que les sélections de fréquence soient les mêmes pour la carte de test Sequencer et sous **Paramètres et conditions**.

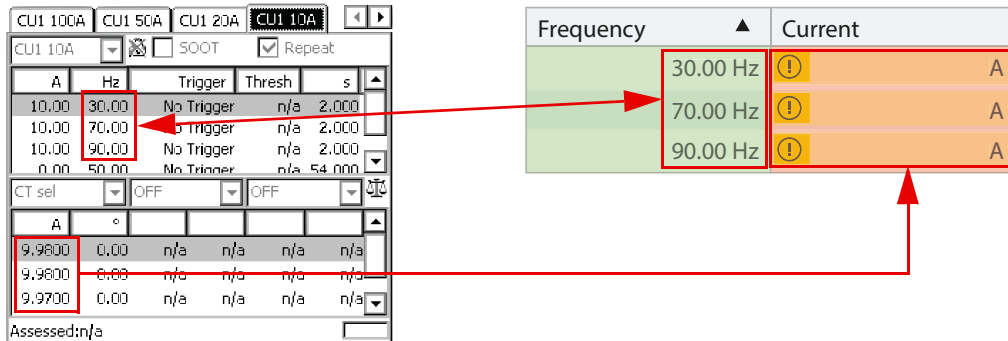


Figure 5-14: Saisir les valeurs de courant dans la section **Paramètres et conditions** dans **PTM**.

- Définir le **mode USB** du **HGT1** sur **COM Port (Port COM)** pour permettre la communication avec la tablette exécutant **PTM**.
- Connecter le **HGT1** à la tablette à l'aide du connecteur USB du **HGT1** et du câble USB fourni.

AVERTISSEMENT



Risque de mort ou de blessures graves causées par une tension ou un courant élevé

- Ne jamais connecter le **HGT1** à la tablette sans utiliser l'isolateur USB fourni.

Dès que le **HGT1** est reconnu par **PTM**, il est verrouillé et ne peut plus être utilisé via ses boutons.

9. Suivre les exemples des figures Figure 5-11: page 61 et Figure 5-12: page 62, en connectant l'entrée noire du *HGT1* à une section raccordée à la terre quelconque du poste et l'entrée rouge au piquet de terre, utilisé comme électrode de test.

AVERTISSEMENT



Risque de mort ou de blessures graves causées par une tension ou un courant élevé

En cas de défaillance, l'extrémité éloignée du câble de mesure peut présenter une tension élevée.

- Il est recommandé de déconnecter le câble de test du piquet de terre au niveau de l'entrée rouge du *HGT1* si aucune mesure ne doit plus être réalisée et de passer à l'emplacement suivant. Cela permet d'éviter tout transfert de potentiel à l'extrémité éloignée du câble de test en cas de défaillance au niveau du poste.

10. Placer le piquet de terre à la distance à partir de laquelle débiter la mesure. Dans cet exemple, il s'agit d'une distance de 1 m.

PRUDENCE



Risque de blessures légères ou modérées causées par un déclenchement sur le câble de mesure

- Si le câble de mesure traverse des obstacles, tels que des routes ou des trottoirs, avertir les passants de la présence du câble afin d'éviter tout risque de chute.

11. Appuyer sur le bouton **I/O** situé sur le panneau avant du *CPC 100* pour lancer le premier cycle d'injection.
12. Démarrer la mesure dans la section **Mesure** de *PTM*.
13. Une fois la mesure terminée, aller à l'emplacement suivant (par exemple 2 m), lancer le cycle d'injection suivant et prendre les mesures dans la section **Mesure** de *PTM*.
14. Répéter l'étape précédente jusqu'à obtenir une impédance de terre stable et atteindre la section plane du profil.

Selon la norme EN 50522, la mesure des tensions de contact et de pas peut être omise si l'augmentation du potentiel de terre est inférieure au double de la tension de contact admissible. Cette valeur est également indiquée dans le modèle, comme illustré ci-dessus. La norme IEEE 80 ne mentionne aucune limite quant à l'augmentation du potentiel de terre ou à l'impédance de terre.

5.2 Mesure des tensions de contact et de pas

5.2.1 Mesures sans *PTM* (indépendantes)



AVERTISSEMENT

Risque de mort ou de blessures graves causées par une tension ou un courant élevé

- Utiliser des câbles de terre (MALT de travail) pour relier la ligne de puissance à la terre à l'extrémité proche lors de toute intervention sur le montage de mesure à l'intérieur de la zone de danger (par exemple lors du changement de connexions du *CP GB1* entre les boucles de mesure).

1. Suivre les instructions fournies au chapitre 3 «Raccordement du CP CU1 à une ligne de puissance» page 26 pour connecter le *CP CU1* à la ligne de puissance testée.
2. Si le critère 3 est satisfait, réaliser le montage de mesure comme illustré à la figure 5-15 ci-dessous.

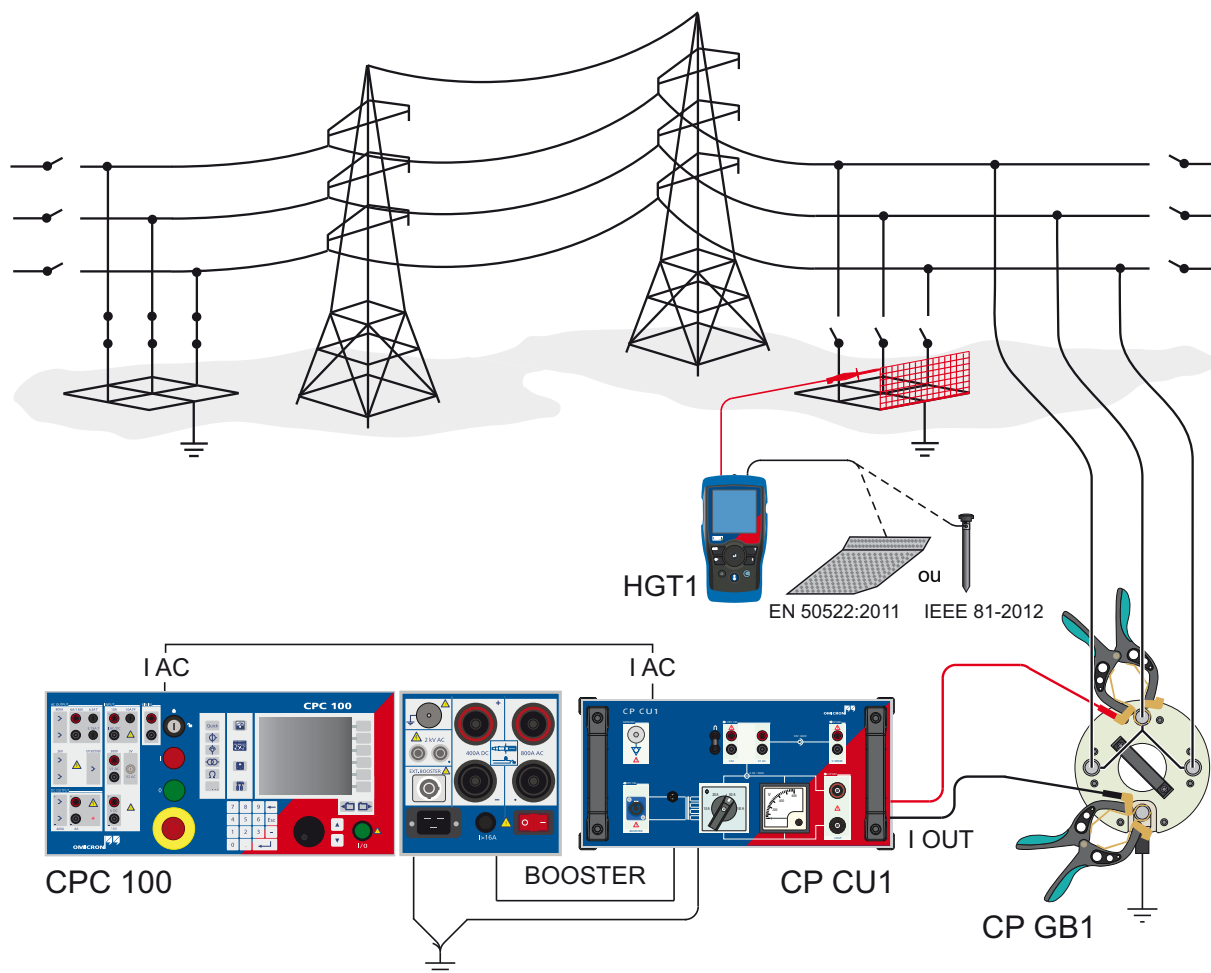


Figure 5-15: Montage de mesure des tensions de contact et de pas

Remarque: afin d'obtenir des valeurs fiables, il est essentiel de tenir compte de la distance entre l'installation de mise à la terre testée et le poste distant. La norme IEEE 81 recommande une distance minimale égale à cinq fois les dimensions maximales de l'installation de mise à la terre afin d'éviter que l'augmentation du potentiel de terre de l'installation de mise à la terre et celle de la sonde de courant ne se chevauchent. La norme EN 50522 recommande quant à elle une distance minimale de 5 km, quelle que soit la taille de l'installation de mise à la terre. En règle générale, le montage doit reproduire le pire scénario en cas d'un défaut sur une ligne simple, ce qui doit être défini pour chaque installation de mise à la terre.

3. Lors du contrôle du quatrième critère, utiliser le modèle dédié du *CPC 100* situé sous :

Modèles > Installations de mise à la terre > **Tensions de pas et de contact avec HGT1**.

4. Sélectionner le modèle correspondant à la plage de courant définie sur le *CP CU1*.

Le modèle contient les cartes de test suivantes :

- **Connexion** (carte de test Commentaire indiquant les connexions requises)
- **Sortie** (carte de test Sequencer utilisée pour l'injection du courant de test)
- **Version** (contrôle de la version pour le modèle Excel)

Connection		Output		Version	
CU1 50A	☒ EST	☒ Répéter			
A	Hz	Trigger	Seuil	s	
50.00	30.00	Aucun trig.	n/a	2.000	
50.00	70.00	Aucun trig.	n/a	2.000	
0.00	50.00	Aucun trig.	n/a	56.000	
CT sel	OFF	OFF			
A	°				
Évalué : n/a					

Insérer Carte
 Supprim. Carte
 Renom. Carte
 Effacer Résult.
 Définir config. par déf.
 Config.

Figure 5-16: Carte de test **Sortie** du modèle **Tensions de pas et de contact avec HGT1** du *CPC 100*

La figure 5-16 ci-dessus présente les paramètres de la carte de test **Sortie** du modèle **Tensions de pas et de contact avec HGT1**. La séquence est constituée de trois états, appliqués en boucle infinie (l'option **Répéter** est activée dans la carte de test) :

- Injection d'un courant de test à 30 Hz pendant 2 s (mesure de la tension de contact à un emplacement distinct à 30 Hz)
- Injection d'un courant de test à 70 Hz pendant 2 s (mesure de la tension de contact à un emplacement distinct à 70 Hz)
- Aucune injection pendant 56 s (afin de passer à l'emplacement de mesure suivant du poste)

Afin de gagner du temps, l'injection du courant de test peut également être contrôlée à distance en adaptant la carte de test Sequencer, comme illustré à la figure 5-18 ci-dessous. Dans la deuxième colonne, la mesure supplémentaire de la tension au niveau de l'entrée CC est activée.

- En option : connecter un talkie-walkie, utilisé en tant que récepteur, à l'entrée V DC du *CPC 100* à l'aide d'un adaptateur, comme illustré à la figure 5-17 ci-dessous.

Remarque: cet accessoire n'est pas proposé par OMICRON.

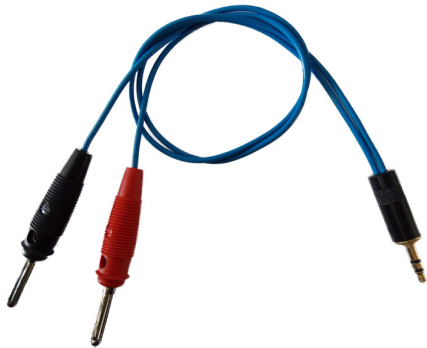


Figure 5-17: Adaptateur permettant la connexion d'un talkie-walkie au *CPC 100*

- Brancher la fiche jack dans la prise casque du talkie-walkie, puis connecter les fiches banane à l'entrée V DC du *CPC 100*.

Pour l'exemple de la figure 5-18 ci-dessous, la tension au niveau de la prise du casque est d'environ 1 V lorsque l'on appuie sur le bouton microphone du talkie-walkie émetteur. Le seuil de 0,5 V est donc tout à fait raisonnable. L'activation du bouton de microphone entraîne à nouveau le lancement de la séquence de mesure à partir du premier état, permettant ainsi de mesurer instantanément la tension à un emplacement distinct, sans avoir à atteindre l'état 3 de la carte de test **Sortie**.

Connection		Output		Version	
CUI 50A		☐ EST ☒ Répéter			
A	Hz	Trigger	Seuil	s	
50.00	30.00	Aucun trig.	n/a	2.000	
50.00	70.00	Aucun trig.	n/a	2.000	
0.00	50.00	V DC >0.5000...6000....			
CT sel		V DC		OFF	
A	°	V			
Évalué : n/a					

Vers le haut

Vers le bas

Entrer

Esc

Retour Début

Figure 5-18: Carte de test **Sortie** du modèle **Tensions de pas et de contact avec HGT1** du *CPC 100*, adaptée pour une injection du courant contrôlée à distance

Les normes EN 50522 et IEEE 81 présentent chacune une approche de mesure différente des tensions de contact et de pas. Les différences entre ces deux approches sont répertoriées dans le tableau 5-1 ci-dessous.

Tableau 5-1: Mesures des tensions de contact et de pas selon les normes EN 50522 et IEEE 81

Norme	Mesure	Électrode de terre	Impéd. d'entrée
EN 50522:2011	Tension de contact	Plaque métallique de 20 cm x 20 cm chargée avec un poids de 50 kg minimum, à 1 m de la structure raccordée à la terre ; sol humidifié sous la plaque	1 k Ω ¹
	Tension de pas	Limites relatives à la tension de pas bien plus élevées que pour la tension de contact ; mesure de la tension de pas considérée comme obsolète	-
IEEE 81-2012	Tension de contact	Piquet de terre (6 mm de diamètre) enfoncé à 150 mm dans un sol humide, à 1 m de la structure raccordée à la terre	Z élevée
	Tension de pas	Deux piquets de terre (6 mm de diamètre) enfoncés à 150 mm dans un sol humide, à 1 m l'un de l'autre	Z élevée

1. Cette norme propose également de prendre en considération des résistances supplémentaires pour l'évaluation de la mesure, ce qui nécessite une impédance d'entrée élevée.

La figure 5-19 ci-dessous illustre la mesure de la tension de contact selon la norme EN 50522.

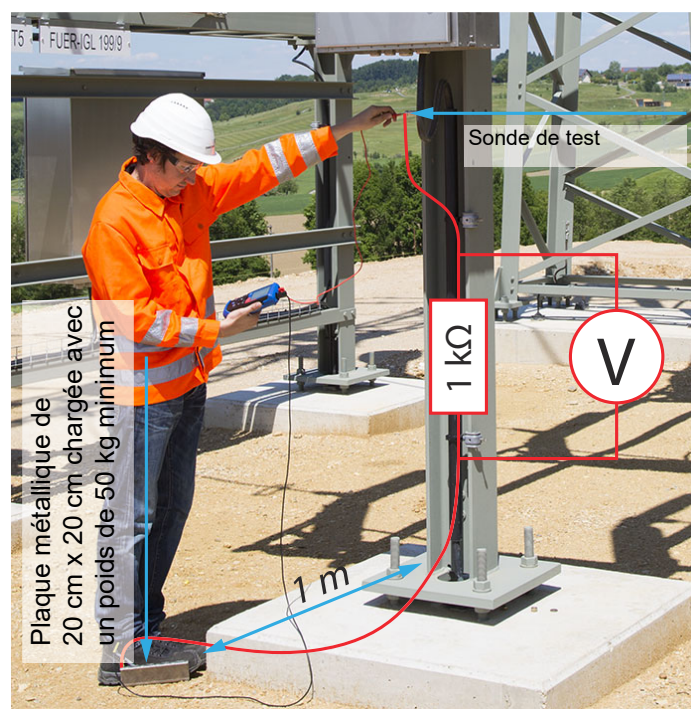


Figure 5-19: Mesure de la tension de contact selon la norme EN 50522

Si le *HGT1* est utilisé, suivre la procédure ci-dessous.

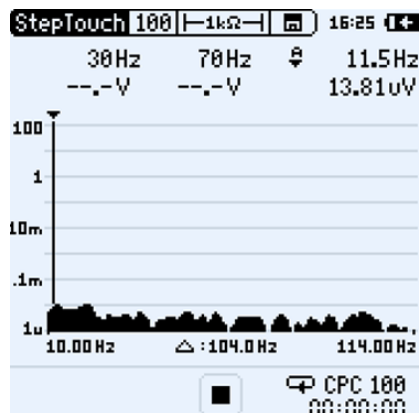


Figure 5-20: Configuration du HGT1 selon la norme EN 50522

La figure 5-20 ci-dessus présente les paramètres à prendre en compte lors de la mesure des tensions de contact et de pas à l'aide du *HGT1* :

- La plage de 100 Hz (10 – 114 Hz) est recommandée puisque les fréquences supérieures à 100 Hz ne sont pas importantes pour la mesure.
- Dans cet exemple, l'impédance d'entrée est définie sur 1 kΩ, conformément aux recommandations de la norme EN 50522 pour la mesure de la tension de contact.
- Sélectionner l'impédance élevée (*Z* élevée) pour réaliser la mesure selon la norme IEEE 81.
- Vérifier que les deux paramètres relatifs à la fréquence à détecter correspondent à la fréquence du courant injecté dans la carte de test **Sortie** du *CPC 100*.

Consulter le manuel d'utilisation du HGT1 pour plus d'informations sur la sélection de la fréquence.

Les tensions de contact et de pas peuvent alors être mesurées à des emplacements distincts, comme illustré à la figure Figure 5-19: page 68. La détection automatique des tensions de contact et de pas requiert de suivre scrupuleusement la procédure ci-dessous afin d'éviter toute mesure erronée.

5. Selon la norme observée, connecter la plaque métallique (EN 50522) ou le piquet de terre (IEEE 81) au *HGT1* à l'aide du câble banane noir.
6. Raccorder également la sonde au *HGT1* à l'aide du câble banane rouge.

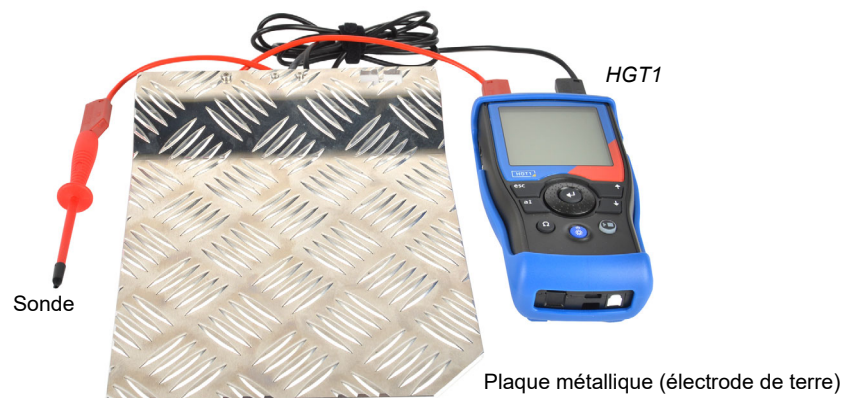


Figure 5-21: Configuration matérielle du *HGT1* conformément à la norme EN 50522

7. Appuyer sur le bouton **I/O** situé sur le panneau avant du *CPC 100* pour lancer la boucle d'injection du courant.
8. a) Si la mesure est effectuée selon la norme EN 50522, placer la plaque métallique sur le sol, puis monter dessus.
b) Si la mesure est effectuée selon la norme IEEE 81, enfoncer le piquet de terre d'environ 150 mm dans le sol, à 1 m de l'équipement testé.
9. Connecter la sonde à l'équipement testé.

Remarque: il est important d'établir un contact solide avec l'équipement. Cela peut parfois se révéler fastidieux si l'équipement présente une couche de peinture isolante. Dans ce cas, il convient de limer cette couche. Le filtre du *HGT1* s'adapte à l'impédance connectée, entraînant une augmentation temporaire de la tension sur l'intégralité du spectre de fréquence. Par conséquent, débiter la mesure **AVANT** que la sonde ne soit connectée à l'équipement peut donner des valeurs erronées, puisque les valeurs lors de l'adaptation du filtre peuvent être supérieures aux véritables valeurs dues au courant injecté.

10. Démarrer la mesure sur le *HGT1*.

Remarque: s'assurer que l'adaptation du filtre n'intervienne qu'une seule fois au cours de la mesure. Une sonde endommagée peut en effet causer des problèmes de connexion entraînant une reprise de l'adaptation du filtre au cours de la mesure. Il convient donc d'utiliser une sonde pointue et propre.

11. Déclencher l'injection de courant suivante du *CPC 100* à l'aide du talkie-walkie, comme décrit précédemment, ou attendre la prochaine boucle d'injection de courant.

Le courant est injecté pendant 2 s à 30 Hz et 70 Hz, respectivement. La valeur mesurée la plus élevée est conservée par le *HGT1* pour chaque fréquence.

Remarque: si la fréquence secteur est de 60 Hz, le courant est injecté à 40 Hz et 80 Hz, respectivement.

12. Arrêter la mesure sur le *HGT1* dès que la valeur la plus élevée est détectée à 70 Hz.
13. Retirer la sonde de l'équipement testé.
14. Enregistrer le point de mesure sur le *HGT1*.
15. Passer à l'emplacement suivant, puis répéter les étapes 8 à 14.
16. Une fois l'ensemble des tests réalisés, ouvrir le fichier xml du *CPC 100* et le fichier txt du *HGT1* avec le modèle Excel correspondant (Step&Touch using HGT1.xlt) à partir de la page de démarrage du *CPC 100* dans la section **Modèles de test**. Contrôler minutieusement les résultats, en s'aidant si besoin des commentaires du rapport de test.

Mesures relatives aux installations de mise à la terre

Durée de défaut max. :					300 ms	
Résistance supplémentaire prise en compte :					0 Ω	
Tension de contact admissible :					416 V	
Impédance d'entrée requise pour la mesure :					1 k	
Facteur de réduction du courant de test :					1,00	
Fréquence du courant de test :					30,0 Hz	70,0 Hz
Amplitude du courant de test à la fréquence correspondante :					30 A	30 A
Courant de terre maximal :					10000 A	
ID	Emplacement	Sélection de l'impédance	Résultats du HGT1 / V		Tension de contact calculée / V	Evaluation
			30,0 Hz	70,0 Hz		
1	fence@gate	1 k	0,00581V	0,00430V	1,68V	OK
2	transformer	1 k	0,00276V	0,00432V	1,18V	OK
3	VT1housing	1 k	0,00421V	0,00613V	1,72V	OK
4	MyLocation	1 k	0,00298V	0,00311V	1,01V	OK
5	fence@trafo	1 k	0,00669V	0,00337V	1,67V	OK
6	entryFence	1 k	0,00341V	0,00385V	1,21V	OK
7	trafo2	1 k	0,00232V	0,00500V	1,22V	OK
8	VT2housing	1 k	0,00815V	0,00577V	2,31V	OK
9	CT2housing	1 k	0,00115V	0,00577V	1,15V	OK
10	CT1housing	1 k	0,00298V	0,00311V	1,01V	OK

Figure 5-22: Modèle Excel pour la mesure des tensions de contact et de pas (à l'aide du *HGT1*) avec l'onglet EN 50522 actif

5.3 Mesures avec *PTM* (à l'aide d'une tablette Windows)

AVERTISSEMENT



Risque de mort ou de blessures graves causées par une tension ou un courant élevé

- Utiliser des câbles de terre (MALT de travail) pour relier la ligne de puissance à la terre à l'extrémité proche lors de toute intervention sur le montage de mesure à l'intérieur de la zone de danger (par exemple lors du changement de connexions du *CP GB1* entre les boucles de mesure).

1. Suivre les instructions fournies au chapitre 3 « Connexion du CP CU1 à une ligne de puissance » du manuel d'utilisation du CP CU1 pour connecter le *CP CU1* à la ligne de puissance testée.
2. Si le critère 3 est satisfait, réaliser le montage de mesure comme illustré à la figure 5-23 ci-dessous.

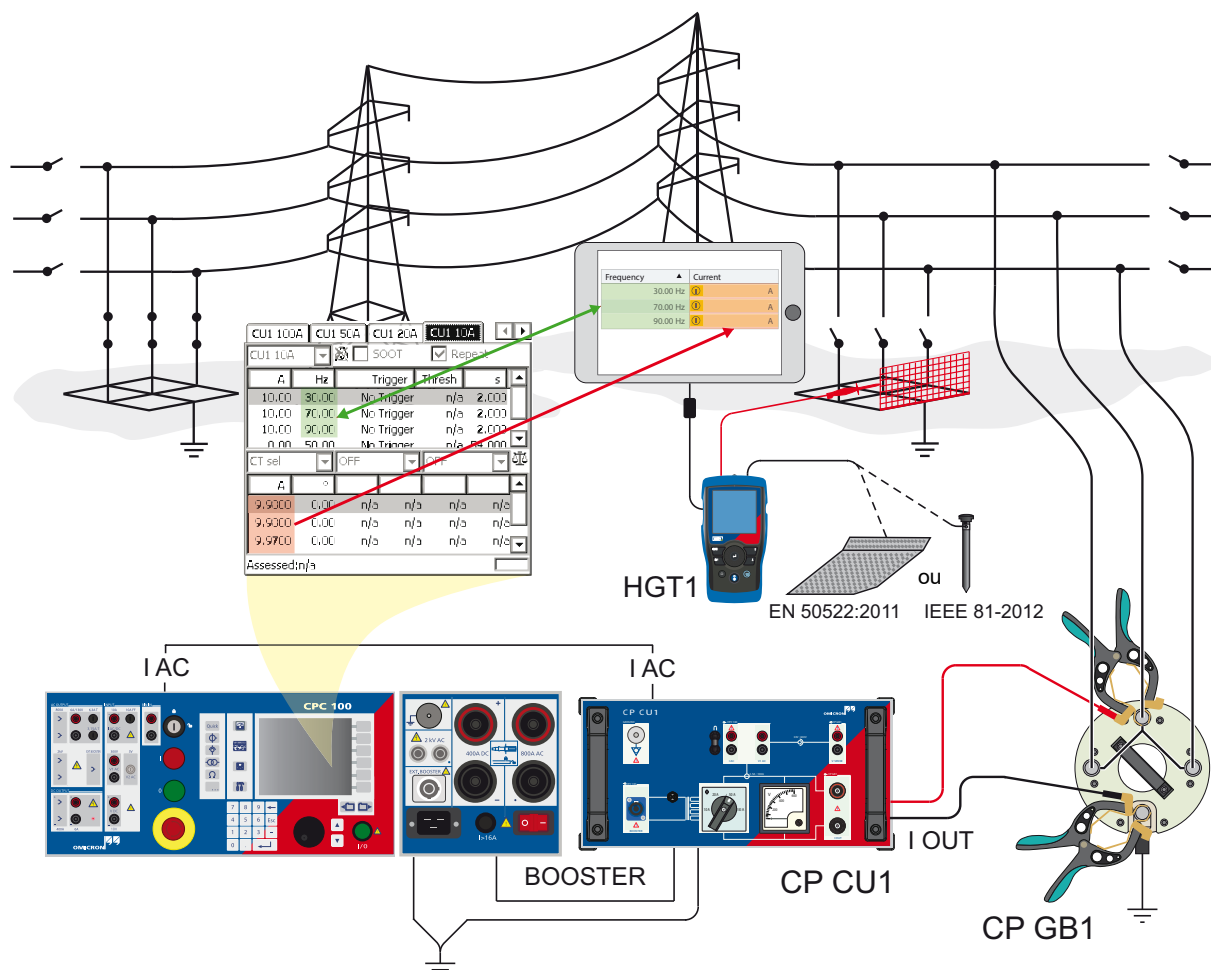


Figure 5-23: Configuration de la mesure de tension de contact et de pas lors de l'utilisation de *PTM* sur une tablette

Remarque: afin d'obtenir des valeurs fiables, il est essentiel de tenir compte de la distance entre l'installation de mise à la terre testée et le poste distant. La norme IEEE 81 recommande une distance minimale égale à cinq fois les dimensions maximales de l'installation de mise à la terre afin d'éviter que l'augmentation du potentiel de terre de l'installation de mise à la terre et celle de la sonde de courant ne se chevauchent. La norme EN 50522 recommande quant à elle une distance minimale de 5 km, quelle que soit la taille de l'installation de mise à la terre. En règle générale, le montage doit reproduire le pire scénario en cas d'un défaut sur une ligne simple, ce qui doit être défini pour chaque installation de mise à la terre.

3. Lors du contrôle du quatrième critère, utiliser le modèle dédié du *CPC 100* situé sous :

Modèles > Installations de mise à la terre > **PTM**

4. Ouvrir le fichier correspondant à la fréquence d'alimentation et naviguer jusqu'à la carte de test correspondant à la plage de courant sélectionnée sur le *CP CU1*.

A	Hz	Trigger	Thresh	s
10,00	30,00	No Trigger	n/a	2,000
10,00	70,00	No Trigger	n/a	2,000
10,00	90,00	No Trigger	n/a	2,000
0,00	54,00	No Trigger	n/a	54,000

CT sel: OFF

A	°				
9,9800	0,00	n/a	n/a	n/a	n/a
9,9800	0,00	n/a	n/a	n/a	n/a
9,9700	0,00	n/a	n/a	n/a	n/a

Assessed: n/a

Figure 5-24: Carte de test **CU1 10** du modèle **PTM** sur le *CPC 100*

La figure 5-24 ci-dessus présente les paramètres de la carte de test **CU1 10** du modèle **PTM**. La séquence est constituée de quatre états, appliqués en boucle infinie (l'option **Répéter** est activée dans la carte de test) :

- Injection d'un courant de test à 30 Hz pendant 2 s (mesure de la tension de contact à un emplacement distinct à 30 Hz)
- Injection d'un courant de test à 70 Hz pendant 2 s (mesure de la tension de contact à un emplacement distinct à 70 Hz)
- Injection d'un courant de test à 90 Hz pendant 2 s (mesure de la tension de contact à un emplacement distinct à 90 Hz)
- Aucune injection pendant 54 s (afin de passer à l'emplacement de mesure suivant du poste)

5. Appuyer sur le bouton I/O du *CPC 100* pour lancer l'injection.

6. Démarrer *PTM* sur la tablette et saisir les valeurs de courant du *CPC 100* pour chaque fréquence définie sous **Paramètres et conditions**. Vérifier également que les sélections de fréquence soient les mêmes pour la carte de test Sequencer et sous **Paramètres et conditions**.

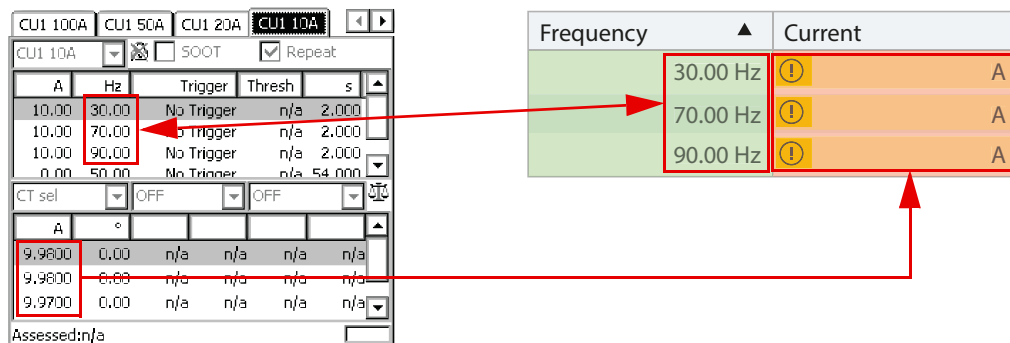


Figure 5-25: Saisir les valeurs de courant dans la section **Paramètres et conditions** dans *PTM*.

Les normes EN 50522 et IEEE 81 présentent chacune une approche de mesure différente des tensions de contact et de pas. Les différences entre ces deux approches sont répertoriées dans le tableau 5-2 ci-dessous.

Tableau 5-2: Mesures des tensions de contact et de pas selon les normes EN 50522 et IEEE 81

Norme	Mesure	Électrode de terre	Impéd. d'entrée
EN 50522:2011	Tension de contact	Plaque métallique de 20 cm x 20 cm chargée avec un poids de 50 kg minimum, à 1 m de la structure raccordée à la terre ; sol humidifié sous la plaque	1 kΩ ¹
	Tension de pas	Limites relatives à la tension de pas bien plus élevées que pour la tension de contact ; mesure de la tension de pas considérée comme obsolète	-
IEEE 81-2012	Tension de contact	Piquet de terre (6 mm de diamètre) enfoncé à 150 mm dans un sol humide, à 1 m de la structure raccordée à la terre	Z élevée
	Tension de pas	Deux piquets de terre (6 mm de diamètre) enfoncés à 150 mm dans un sol humide, à 1 m l'un de l'autre	Z élevée

1. Cette norme propose également de prendre en considération des résistances supplémentaires pour l'évaluation de la mesure, ce qui nécessite une impédance d'entrée élevée.

La figure 5-26 ci-dessous illustre la mesure de la tension par contact selon la norme IEEE 81.



Figure 5-26: Mesure de la tension de contact avec *PTM* (tablette) selon la norme IEEE 81

7. Définir le **mode USB** du *CP CU1* sur **COM Port (Port COM)** pour permettre la communication avec la tablette exécutant *PTM*. (Consulter la section 5.1 «Configuration du système» page 16 pour plus d'informations sur le changement de **mode USB**).
8. Connecter le *CP CU1* à la tablette à l'aide du connecteur USB du *HGT1* et du câble USB fourni.

AVERTISSEMENT



Risque de mort ou de blessures graves causées par une tension ou un courant élevé

► Ne jamais connecter le *CP CU1* à la tablette sans utiliser l'isolateur USB fourni.

Dès que le *CP CU1* est reconnu par *PTM*, il est verrouillé et ne peut plus être utilisé via ses boutons.

La tension de contact et de pas peut alors être mesurée à des emplacements distincts, comme illustré à la Figure 5-26. La détection automatique des tensions de contact et de pas requiert de suivre scrupuleusement la procédure ci-dessous afin d'éviter toute mesure erronée.

9. Selon la norme observée, connecter la plaque métallique (EN 50522) ou le piquet de terre (IEEE 81) au *HGT1* à l'aide du câble banane noir.

10. Raccorder également la sonde au *HGT1* à l'aide du câble banane rouge.



Figure 5-27: *HGT1* - Configuration matérielle conformément à la norme EN 50522

11. Appuyer sur le bouton **I/O** situé sur le panneau avant du *CPC 100* pour lancer la boucle d'injection du courant.

12.a) Si la mesure est effectuée selon la norme EN 50522, placer la plaque métallique sur le sol, puis monter dessus.

b) Si la mesure est effectuée selon la norme IEEE 81, enfoncer le piquet de terre d'environ 150 mm dans le sol, à 1 m de l'équipement testé.

13. Connecter la sonde à l'équipement testé.

Remarque: il est important d'établir un contact solide avec l'équipement. Cela peut parfois se révéler fastidieux si l'équipement présente une couche de peinture isolante. Dans ce cas, il convient de limer cette couche. Le filtre du *HGT1* s'adapte à l'impédance connectée, entraînant une augmentation temporaire de la tension sur l'intégralité du spectre de fréquence. Par conséquent, débiter la mesure **AVANT** que la sonde ne soit connectée à l'équipement peut donner des valeurs erronées, puisque les valeurs lors de l'adaptation du filtre peuvent être supérieures aux véritables valeurs dues au courant injecté.

14. Démarrer la mesure dans la section **Mesure** de *PTM*.

15. Une fois la mesure terminée, aller à l'emplacement suivant et prendre les mesures lorsque le courant de test est injecté.

5.4 Mesure du facteur de réduction

AVERTISSEMENT



Risque de mort ou de blessures graves causées par une tension ou un courant élevé

- Utiliser des câbles de terre (MALT de travail) pour relier la ligne de puissance à la terre à l'extrémité proche lors de toute intervention sur le montage de mesure à l'intérieur de la zone de danger (par exemple lors du changement de connexions du *CP GB1* entre les boucles de mesure).

1. Suivre les instructions fournies au chapitre 3 «Raccordement du CP CU1 à une ligne de puissance» page 26 pour connecter le *CP CU1* à la ligne de puissance testée.
2. Si le critère 3 est satisfait, réaliser le montage de mesure comme illustré à la figure 5-28 ci-dessous.

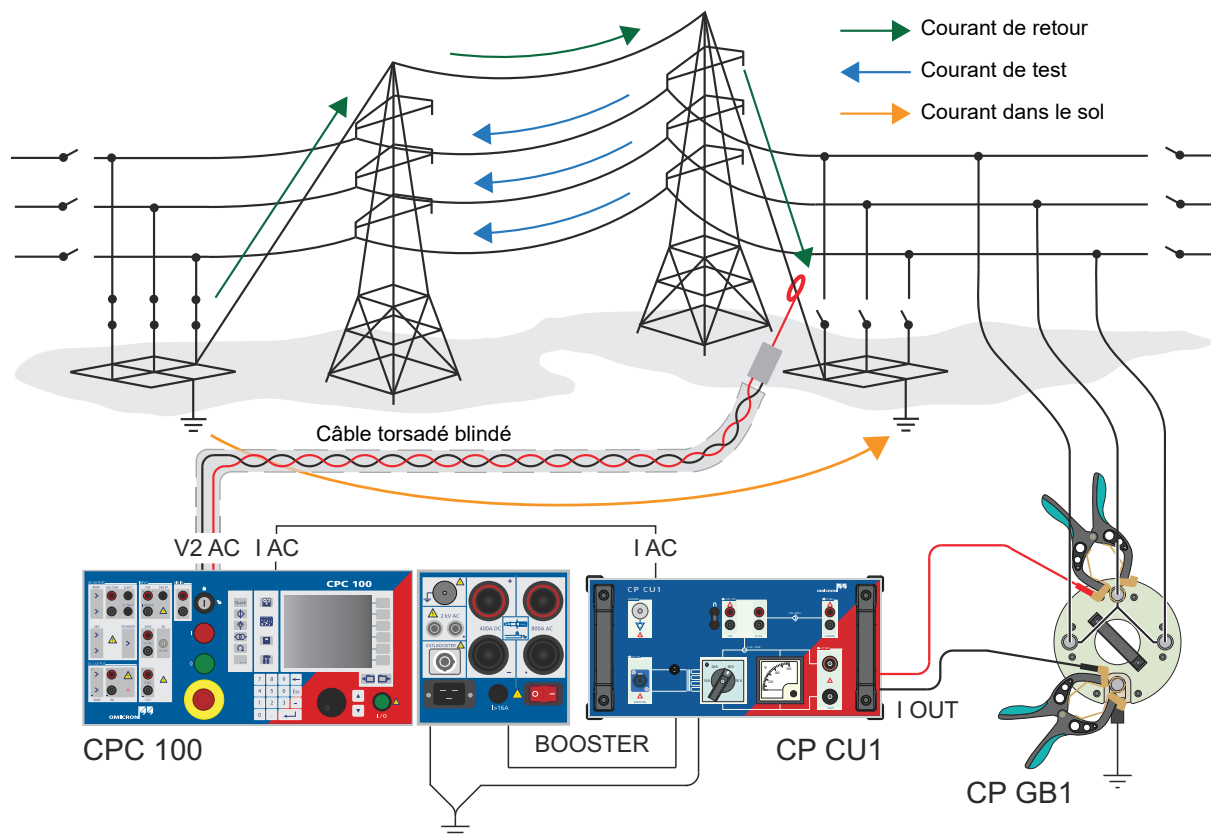


Figure 5-28: Montage de mesure du facteur de réduction

Remarque: utiliser un câble torsadé blindé pour connecter la bobine Rogowski à l'entrée V2 AC du CPC 100.



- Appuyer sur le bouton **Options** situé à gauche de l'écran du *CPC 100* pour accéder au menu du même nom.

Configuration équipement: Réseau Affichage

Amplificateur externe: CU1

Paramètres pince & transformateur d'entrée

Pince I: V1 AC 0.10000 V/A

TC: I AC 100.0 A 2.5000 A

TT: V1 AC 600.0 V 30.0000 V

☐ Désactiver le contrôle de la terre

Fréquence par défaut: 50.00 Hz

Enregis. auto: 10 minutes

Mode A distance

Enregistr Options

Restaurer param. par déf.

Redémarr

Figure 5-29: Onglet **Configuration équipement** du menu **Options** du *CPC 100*

- Vérifier que le champ **Amplificateur externe** indique bien CU1.
- Dans le cas contraire, définir cette valeur.

Les paramètres TC et TT sont automatiquement configurés en fonction des transformateurs de courant et de tension intégrés à l'appareil.



- Appuyer sur le bouton **Carte de test** situé sur le panneau avant du *CPC 100* pour changer de vue.
- Lors du contrôle du quatrième critère, utiliser le modèle dédié du *CPC 100* situé sous :

Modèles > Installations de mise à la terre > **Facteur de réduction.**

- Sélectionner le modèle correspondant à la plage de courant définie sur le *CP CU1*.

Le modèle contient les cartes de test suivantes :

- Instruction** (description de l'utilisation du modèle)
- Return1** (mesure du courant de la 1^{ère} voie de retour)
- Version** (contrôle de la version pour le modèle Excel)

Instruction Return1 Version

CU1 20A ☐ EST ☐ Répéter

A	Hz	Trigger	Seuil	s
20.00	30.00	Aucun trig.	n/a	2.000
20.00	30.00	Aucun trig.	n/a	2.000
20.00	70.00	Aucun trig.	n/a	2.000
20.00	70.00	Aucun trig.	n/a	2.000

CT sel I Clamp sel Ratio : 1

A ° A ° :1 °

Insérer Carte

Supprim. Carte

Renom. Carte

Effacer Résult.

Définir config. par déf.

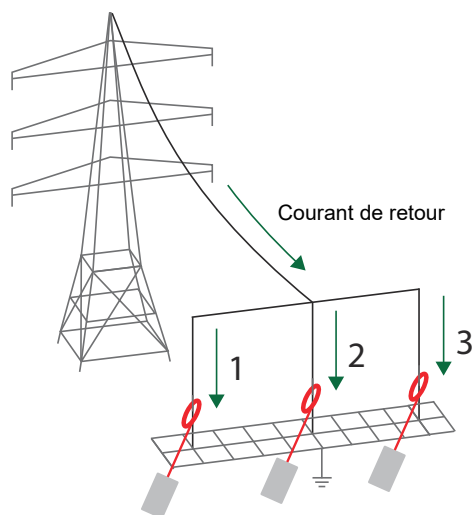
Config.

Évalué : n/a

Figure 5-30: Carte de test **Return1** du modèle **Facteur de réduction** du *CPC 100*

La figure 5-30 ci-dessus présente les paramètres de la carte de test Sequencer du modèle **Facteur de réduction**. Le courant de test, 20 A dans cet exemple, est injecté à deux reprises à 30 Hz et encore à deux reprises à 70 Hz. Le courant de test injecté est indiqué dans la colonne **CT sel**, et le courant de retour, mesuré par la bobine Rogowski, est indiqué dans la colonne **I clamp sel**.

Remarque: le nombre de courants de retour mesurés dépend de la situation sur site. Dans l'exemple de la figure 5-31 ci-dessous, le courant revient via les trois pôles d'un départ.



Remarque: la flèche figurant sur le mécanisme de fermeture de la bobine Rogowski doit pointer dans la direction de circulation du courant.

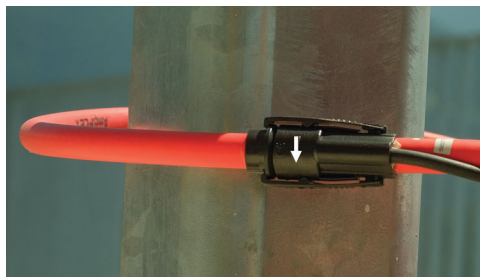


Figure 5-31: Exemple : trois courants de retour - trois mesures

Selon le nombre de courants de retour mesurés, il peut s'avérer nécessaire d'ajouter des cartes de test Sequencer supplémentaires.

- Pour ajouter une carte de test Sequencer avec les même paramètres, appuyer au préalable sur **Définir config. par déf.** dans la carte de test **Return1**.
- Appuyer ensuite sur **Insérer Carte** pour ajouter une carte de test Sequencer supplémentaire.

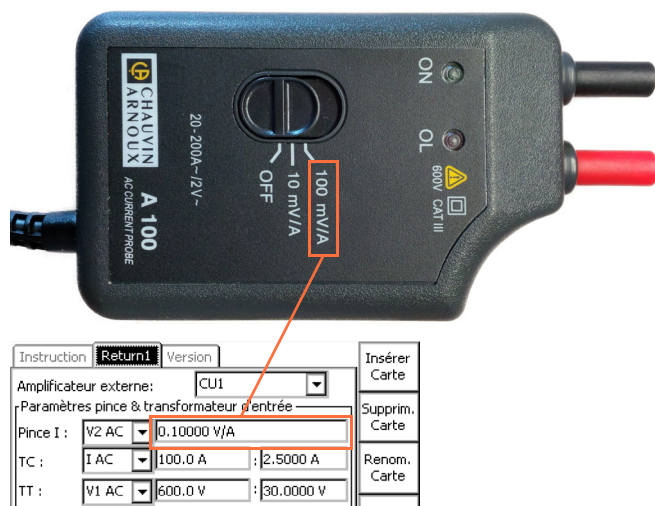


Figure 5-32: Paramétrage pour la bobine Rogowski

La figure 5-32 ci-dessus présente le sélecteur de plage d'une bobine Rogowski et les paramètres correspondants dans la carte de test Sequencer.

9. Appuyer sur **Config.** pour accéder aux paramètres de la carte de test.

Le champ **Pince I** est défini sur **V2 AC** car la bobine Rogowski est connectée à cette entrée, comme on peut le constater à la Figure 5-28: «Montage de mesure du facteur de réduction» page 77. Le rapport indiqué dans les paramètres de la carte de test doit être sélectionné d'après la plage de la bobine Rogowski, comme illustré à la figure 5-32.

10. Une fois les étapes de configuration et de préparation terminées, appuyer sur le bouton **I/O** situé sur le panneau avant du **CPC 100** pour lancer une boucle de mesure.

11. Selon le nombre de courants de retour, repositionner la bobine Rogowski et réaliser toutes les mesures requises jusqu'à ce que tous les courants de retour aient été mesurés.

Remarque: placer la bobine Rogowski de sorte que la flèche figurant sur le mécanisme de fermeture pointe dans la direction de circulation du courant. Consulter également la figure 5-31, page précédente.

12. Une fois l'ensemble des tests réalisés, ouvrir le fichier du **CPC 100** (fichier xml) avec le modèle Excel correspondant (Reduction Factor.xlt) à partir de la page de démarrage du **CPC 100** dans la section **Modèles de test**. Contrôler minutieusement les résultats, en s'aidant si besoin des commentaires du rapport de test.

Courants de retour				
	Re / A	Im / A	Abs / A	φ / °
Return1	2,43	1,54	2,87	32,36
Return2	3,70	-1,45	3,97	-21,40
Return3	1,39	0,43	1,45	17,32
Return4	2,56	1,32	2,88	27,34
Division du courant				
	Re / A	Im / A	Abs / A	φ / °
Courant total	20,00	0,00	20,00	0,00
Somme des cour. de retour	10,07	1,84	10,24	10,37
IG	9,93	-1,84	10,10	-10,51
Facteur de réduction				
	Abs		φ / °	
$r = \frac{I_G}{I_{total}} = 1 - \frac{\sum_i I_{return,i}}{I_{total}}$	0,51		-10,51	

Figure 5-33: Modèle Excel relatif au facteur de réduction

6 Mesure du couplage entre lignes et câbles de signaux

La mesure de l'impédance de couplage Z_k entre les lignes de puissance et de signaux s'effectue pour deux boucles de courant sur les lignes de puissance testées. Une boucle est constituée des deux lignes formant la plus grande aire, l'autre de trois lignes en parallèle et de la terre. Pour chaque boucle, le montage de mesure est étalonné en mesurant la tension avec le câble de mesure en court-circuit.

6.1 Réalisation des mesures

1. Suivez les instructions fournies au chapitre 3 «Raccordement du CP CU1 à une ligne de puissance» page 26 pour connecter le *CP CU1* à la ligne de puissance testée.
2. Lors du contrôle du quatrième critère, utilisez le modèle dédié du *CPC 100* situé sous :

Templates > Cables & Transmission Lines > **Coupling into Signal Cables**

3. Sélectionnez le modèle correspondant à la plage de courant définie sur le *CP CU1*.

Le modèle contient les cartes de test suivantes :

- **L-L cal setup** (carte de test Commentaire indiquant les connexions requises)
- **L-L cal** (carte de test Sequencer - étalonnage ligne-ligne)
- **L-L meas setup**
- **L-L meas** (carte de test Sequencer - mesure ligne-ligne)
- **L-E meas setup**
- **L-E meas** (carte de test Sequencer - mesure ligne-terre)
- **L-E cal setup**
- **L-E cal** (carte de test Sequencer - étalonnage ligne-terre)
- **Version** (contrôle de la version pour le modèle Excel)

Les cartes de test **Setup** sont des cartes de test Commentaire, qui indiquent comment connecter les câbles. La mesure est ensuite réalisée avec la carte de test Sequencer qui suit la carte de test **Setup**.

4. À l'aide d'un voltmètre, mesurez la tension au niveau du câble de signaux.

AVERTISSEMENT



Risque de mort ou de blessures graves causées par une tension élevée

- ▶ Si la tension mesurée est inférieure à 3 V, utilisez l'entrée V2 AC du *CPC 100*.
- ▶ Si la tension mesurée est supérieure à 40 V, prenez les précautions de sécurité indispensables pour éviter tout risque d'électrocution.
- ▶ Si la tension mesurée est comprise entre 3 et 300 V, utilisez l'entrée V1 AC du *CPC 100*.
- ▶ Si la tension mesurée est supérieure à 300 V, la mesure ne peut pas être effectuée puisque cela dépasserait les limites de l'entrée V1 AC du *CPC 100*.

5. Si la mesure est possible, réalisez le montage de mesure comme illustré à la figure 6-1 ci-dessous.

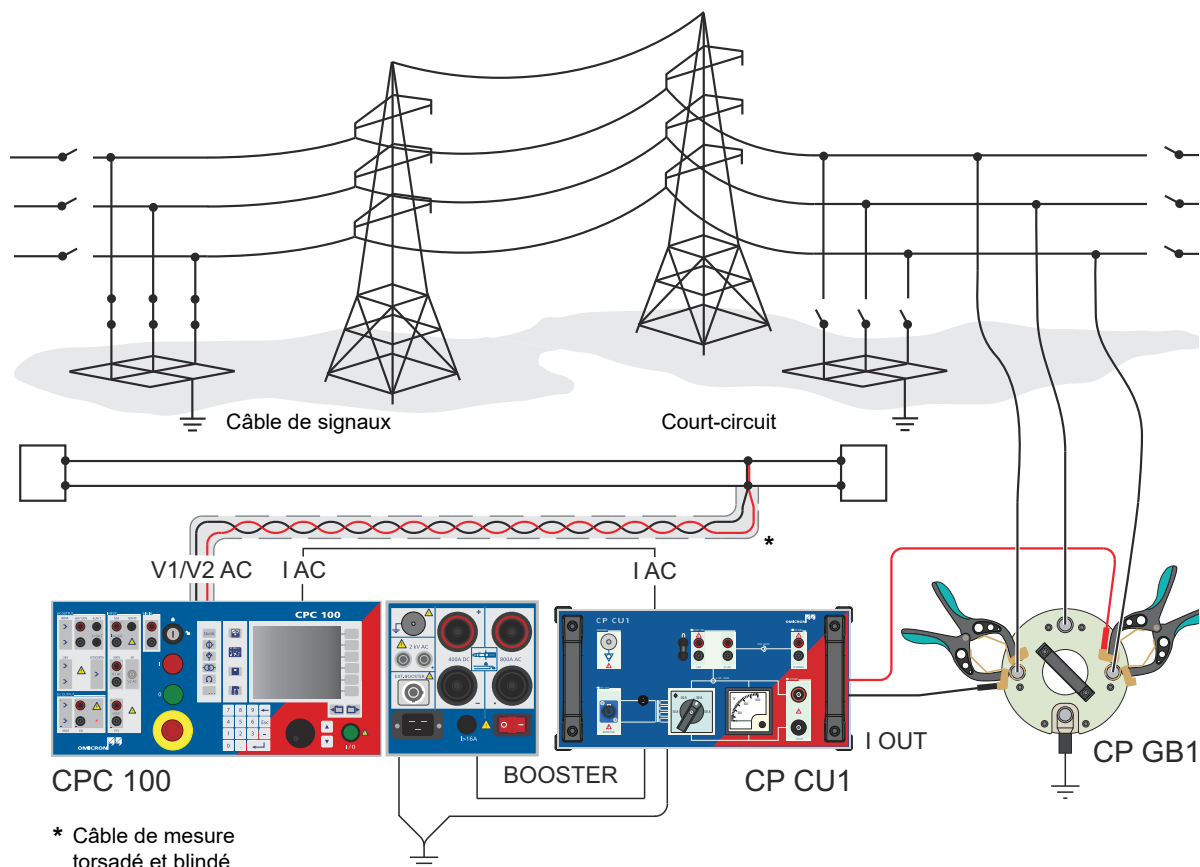


Figure 6-1: Montage de mesure du couplage entre lignes/câbles pour l'étalonnage ligne-ligne

6. Selon le résultat de la mesure réalisée à l'aide du voltmètre, connectez le câble de mesure à l'entrée V2 AC (3 V max.) ou V1 AC (300 V max.) du CPC 100.

Remarque: le câble de mesure doit être un câble torsadé blindé.

7. Court-circuitez le câble de mesure à l'extrémité, puis connectez-le au câble de signaux, comme illustré à la figure 6-1 ci-avant.
8. Une fois le montage de mesure réalisé, appuyez sur le bouton **I/O** situé sur le panneau avant du CPC 100 pour démarrer la carte de test Sequencer **L-L cal.**

9. Reconnectez le câble de mesure, comme illustré à la figure 6-2 ci-dessous.

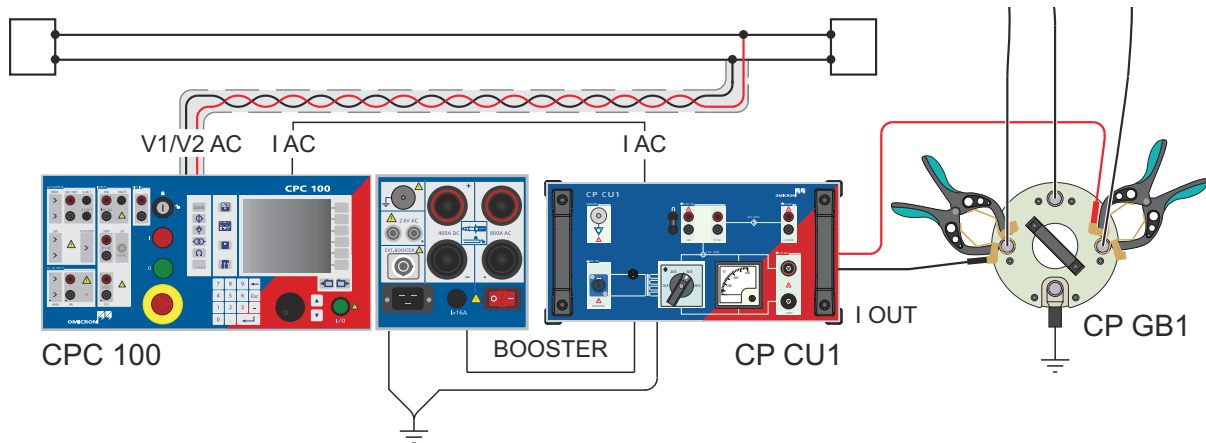


Figure 6-2: Montage de mesure du couplage entre lignes/câbles pour la mesure ligne-ligne

10. Appuyez sur le bouton **I/O** situé sur le panneau avant du **CPC 100** pour démarrer la carte de test Sequencer **L-L meas**.

L'étalonnage permet la mesure de la tension induite dans le câble de mesure. Cette tension est ensuite soustraite du résultat de la mesure ligne-ligne par le modèle, afin de déterminer la tension induite dans le câble de signaux uniquement.

11. Reconnectez les pinces au niveau du **CP GB1**, comme illustré à la figure 6-3 ci-dessous.

12. À l'aide du câble à trois fils (voir la section 2.4.2 «Mise en court-circuit des phases» page 18), court-circuitez les trois phases pour la mesure ligne-terre.

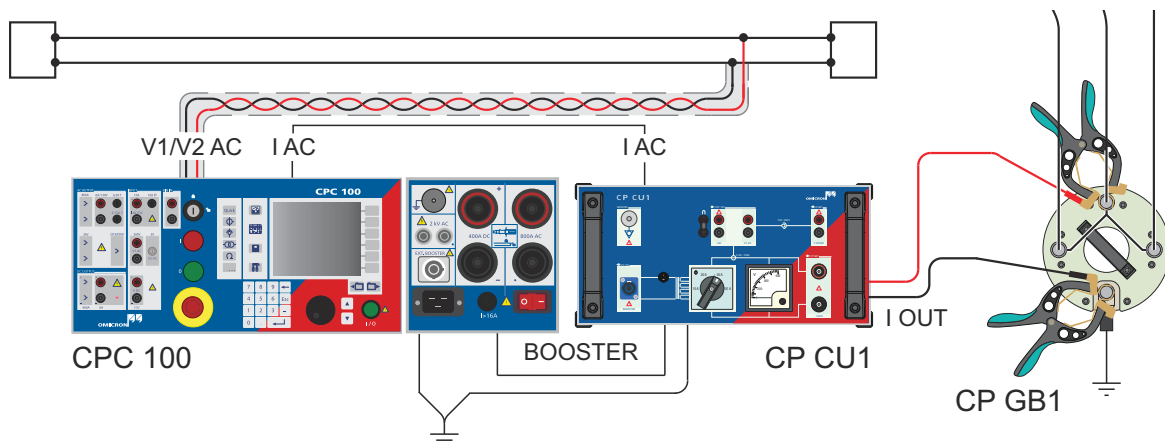


Figure 6-3: Montage de mesure du couplage entre lignes/câbles pour la mesure ligne-terre

13. Appuyez sur le bouton **I/O** situé sur le panneau avant du **CPC 100** pour démarrer la carte de test Sequencer **L-E meas**.

14. Déconnectez le câble de mesure du câble de signaux.

15. Court-circuitez le câble de mesure à l'extrémité, puis connectez-le au câble de signaux, comme illustré à la figure 6-4 ci-dessous.

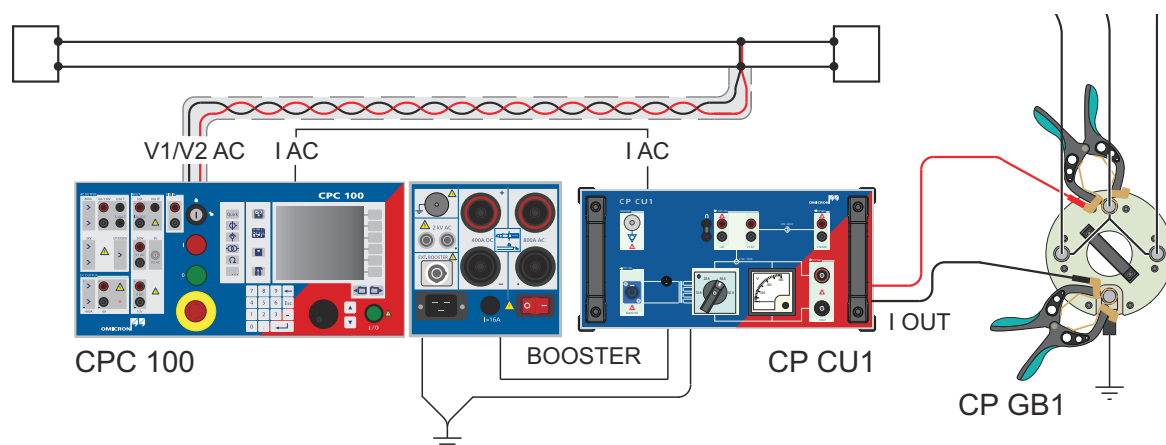


Figure 6-4: Montage de mesure du couplage entre lignes/câbles pour l'étalonnage ligne-terre

16. Une fois l'ensemble des tests réalisés, ouvrez le fichier du *CPC 100* (fichier xml) avec le modèle Excel correspondant (Coupling Into Signal Cables.xlt) à partir de la page de démarrage du *CPC 100* dans la section **Modèles de test**. Contrôlez minutieusement les résultats, en vous aidant si besoin des commentaires du rapport de test.

7 Caractéristiques techniques

7.1 Plages de sortie du *CP CU1*

Table 7-1: Plages de sortie du *CP CU1*

Plage	Courant	Tension source à > 45 Hz
10 A	0 à 10 A eff	500 V eff
20 A	0 à 20 A eff	250 V eff
50 A	0 à 50 A eff	100 V eff
100 A	0 à 100 A eff	50 V eff

7.2 Transformateurs de mesure du *CP CU1*

Table 7-2: Transformateurs de mesure du *CP CU1*

Transformer	Ratio	Accuracy at 50/60 Hz
TT	600 V : 30 V	Classe 0,1
TC	100 A : 2.5 A	Classe 0,1

7.3 Entrées du *CP CU1*

Table 7-3: Entrées du *CP CU1*

	Caractéristique	Valeurs nominales
V SENSE	Catégorie de surtension	CAT III (CEI 61010-1)
	Plage de tension	0 à 600 V eff
Amplificateur¹	Catégorie de surtension	CAT I
	Plage de tension	0 à 200 V eff
	Plage de courant	0 à 30 A eff
	Plage de fréquence	15 à 400 Hz
	Fusible	Disjoncteur automatique, rapide 30 A

1. L'entrée BOOSTER fournit l'alimentation du *CP CU1*. Elle doit uniquement être connectée au *CPC 100*.

7.4 Spécifications du CP GB1

Table 7-4: Spécifications du CP GB1

Caractéristique	Valeurs nominales
Tension d'amorçage CA	< 1 000 V eff
Tension d'amorçage de choc	< 2 000 V crête
Protection contre les courts-circuits avec :	
Plots cylindriques de 16 mm ou sphériques de 20 mm	26,5 kA (< 100 ms)/67 kA crête
Plots sphériques de 25 mm (1 po)	30 kA (< 100 ms)/75 kA crête
Couple de serrage pour le remplacement des limiteurs de tension	> 15 Nm

7.5 Puissance de sortie

Table 7-5: Puissance de sortie du CPC 100 et du CP CU1

Caractéristique	Valeurs nominales ¹
Puissance maximale	5 000 VA (45 à 70 Hz), $\cos\phi < 1,0$ pendant 8 s à une tension secteur de 230 V CA 5 000 VA (45 à 70 Hz), $\cos\phi < 0,4$ pendant 8 s à une tension secteur de 115 V CA
Puissance continue	0 à 1 600 VA
Fréquence	15 à 400 Hz (15 à 45 Hz avec tension réduite)

1. Température ambiante de 23 °C ± 5 °C (73 °F ± 10 °F)

7.6 Précision

Table 7-6: Précision du CPC 100 et du CP CU1

Plage d'impédance	Précision typique ¹ de la valeur abs(Z)	Précision typique ¹ du déphasage	Tension V SENSE	Courant I OUT	Plage de courant
0,05 à 0,2 ?Ω	1,0 à 0,5 %	1,5 à 0,8°	5 à 20 V	100 A	100 A
0,2 à 2 ?Ω	0,5 à 0,3 %	0,8 à 0,5°	20 à 50 V	100 à 25 A	100 A
2 à 5 ?Ω	0,3 %	0,5°	100 V	50 à 20 A	50 A
5 à 25 ?Ω	0,3 %	0,5°	100 à 250 V	20 à 10 A	20 A
25 à 300 ?Ω	0,3 à 1,0 %	0,5 à 1,5°	250 à 500 V	10 à 1,5 A	10 A

1. Température ambiante de 23 °C ± 5 °C (73 °F ± 10 °F)

7.7 Conditions ambiantes

Table 7-7: Conditions ambiantes du *CP CU1* et du *CP GB1*

Caractéristique	Valeurs nominales
Température de fonctionnement	-10 à +55 °C (14 à 131 °F)
Température de transport et de stockage	-20 à +70 °C (-4 à 158 °F)
Humidité relative	5 à 95 %, sans condensation

7.8 Caractéristiques mécaniques

Table 7-8: Caractéristiques mécaniques du *CP CU1* et du *CP GB1*

	Caractéristique	Valeurs nominales
CP CU1	Dimensions (l × h × p)	450 × 220 × 220 mm (17,72 × 8,66 × 8,66 po)
	Poids	28,5 kg (62,78 lb)
CP GB1	Dimensions (Φ × h)	200 × 190 mm (7,87 × 7,48 po)
	Poids	4,2 kg (8,81 lb) sans le câble de terre 6,8 kg (13,22 lb) environ avec le câble de terre

7.9 Conformité aux normes

Tableau 7-9: Conformité aux normes

CEM, sécurité		
Sécurité	CEI/EN/UL 61010-1	
Autre		
Humidité	CEI/EN 60068-2-78 (5 % à 95 % d'humidité relative, sans condensation), test réalisé à 40 °C pendant 48 heures	
Classe de protection	IP20, selon la norme CEI/EN 60529	

Assistance

Lorsque vous travaillez avec nos produits, nous souhaitons vous offrir tous les avantages possibles. Si vous avez besoin d'assistance, nous sommes ici pour vous aider !



Assistance technique 24h/24, 7j/7 – à votre service

www.omicronenergy.com/support

Sur notre ligne directe d'assistance technique, vous aurez affaire à des techniciens compétents qui répondront à toutes vos questions. 24 heures sur 24 – une assistance compétente et gratuite.

Appelez nos lignes directes d'assistance technique 24h/24, 7j/7 au :

Amérique : +1 713 830-4660, +1 800-OMICRON

Asie-Pacifique : +852 3767 5500

Europe / Moyen-Orient / Afrique : +43 59495 4444

Vous trouverez également sur notre site Web www.omicronenergy.com, les coordonnées du centre d'assistance OMICRON ou du partenaire commercial OMICRON le plus proche.



Espace client – Rester informé

www.omicronenergy.com/customer

L'espace client sur notre site Web est une plate-forme internationale d'échange des connaissances. Téléchargez les dernières mises à jour de logiciel pour tous les produits et partagez vos expériences sur notre forum utilisateur.

Parcourez la bibliothèque de connaissances et trouvez-y notes d'application, communications présentées lors de conférences, articles sur les expériences de travail quotidiennes, manuels d'utilisation et bien davantage.



Academy – En savoir plus

www.omicronenergy.com/academy

Apprenez-en davantage sur votre produit à l'occasion de l'un de nos stages de formation proposés par OMICRON Academy.

