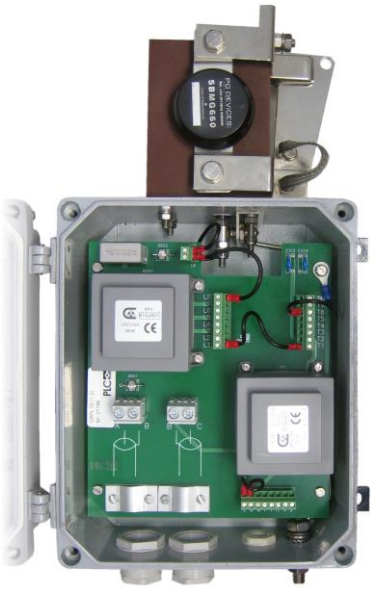
UNITÉ DE COUPLAGE POUR SYSTÈMES À COURANTS PORTEURS SUR LIGNES À HAUTE TENSION



DESCRIPTION UAM-4

V09 - Juin 2020

M0UAM42006Fv09

ZIV
Carrer de les Ciències,149-151
08908 l'Hospitalet de Llobregat,
Barcelona-Spain

Tel.: +34 933 490 700
Fax: +34 933 492 258
Mail to: ziv@zivautomation.com

www.zivautomation.com

SOMMAIRE

Page

1 INTRODUCTION 3
1.1 GÉNÉRALITÉS 3
1.2 CONSTITUTION 4
1.2.1 Éléments de protection 5
1.2.2 Éléments d'accord 5
1.2.3 Unité d'adaptation 5
1.3 VERSIONS DE L'UAM-4 6
1.4 TRANSFORMATEURS DIFFÉRENTIELS 6
1.5 CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES 8
1.5.1 Caractéristiques électriques 8
1.5.2 Éléments de protection 9
1.5.3 Caractéristiques mécaniques 10

2 COUPLAGE A LA LIGNE 11

3 RECOMMANDATIONS DE SECURITÉ 14
3.1 RECOMMANDATIONS PRÉALABLES À L'INSTALLATION 14
3.2 RECOMMANDATIONS POUR LA MAINTENANCE 15

4 INSTALLATION ET MISE EN SERVICE 16
4.1 INSTALLATION 16
4.1.1 Couplage phase-terre 17
4.1.2 Couplage phase-phase 19
4.1.3 Couplage triphasé 22
4.2 MISE EN SERVICE 24
4.2.1 Accord 24
4.2.2 Adaptation d'impédance 36

APPENDICE A
MÉTHODE DE MESURE DE L'AFFAIBLISSEMENT COMPOSITE ET D'ADAPTATION 38

1 INTRODUCTION

1.1 GÉNÉRALITÉS

Les unités de couplage permettent, en combinaison avec les condensateurs de couplage, la transmission de courants porteurs sur lignes à haute tension et offrent en même temps une protection efficace des équipements et du personnel contre l'influence de la tension à fréquence industrielle et des surtensions transitoires.

L'unité UAM-4 est utilisée pour le couplage des équipements CPL à une phase des lignes à haute tension en réalisant les fonctions suivantes:

- Accord du condensateur de couplage.
- Adaptation d'impédance et isolement galvanique entre la ligne et l'équipement de communication, permettant l'adaptation à des impédances éventuellement très basses, comme dans le cas des câbles souterrains.
- Drainage des courants à fréquence industrielle, limitation des surtensions provenant de la ligne et mise à la terre du groupe de couplage pour la protection du personnel.

Il existe deux versions de UAM-4. Dans la version UAM-4 les éléments de protection sont installés à l'extérieur du boîtier. Dans la version UAM-4/D il y a, en plus des éléments cités, un parafoudre à état solide.

Les unités UAM-4 peuvent être utilisées pour les couplages phase-terre, phase-phase et triphasé. Le couplage phase-terre se réalise avec une unité. Pour le couplage phase-phase on utilise deux unités UAM-4 connectées en parallèle ou par l'intermédiaire d'un transformateur différentiel. La connexion en parallèle peut être utilisée au cas où il ne serait pas nécessaire de garantir la continuité de la liaison en cas de défaut. Cependant, la connexion en parallèle pourrait n'être pas satisfaisante dans le cas de lignes à très basse impédance comme les câbles souterrains et, dans ce cas, l'utilisation du transformateur différentiel peut s'avérer nécessaire.

Trois unités UAM-4 et deux transformateurs différentiels sont nécessaires pour le couplage triphasé.

1.2 CONSTITUTION

L'unité de couplage est constituée par trois blocs de base qui contiennent respectivement les éléments de protection, d'accord et d'adaptation d'impédance. Le schéma électrique du groupe est indiqué sur la Figure 1.

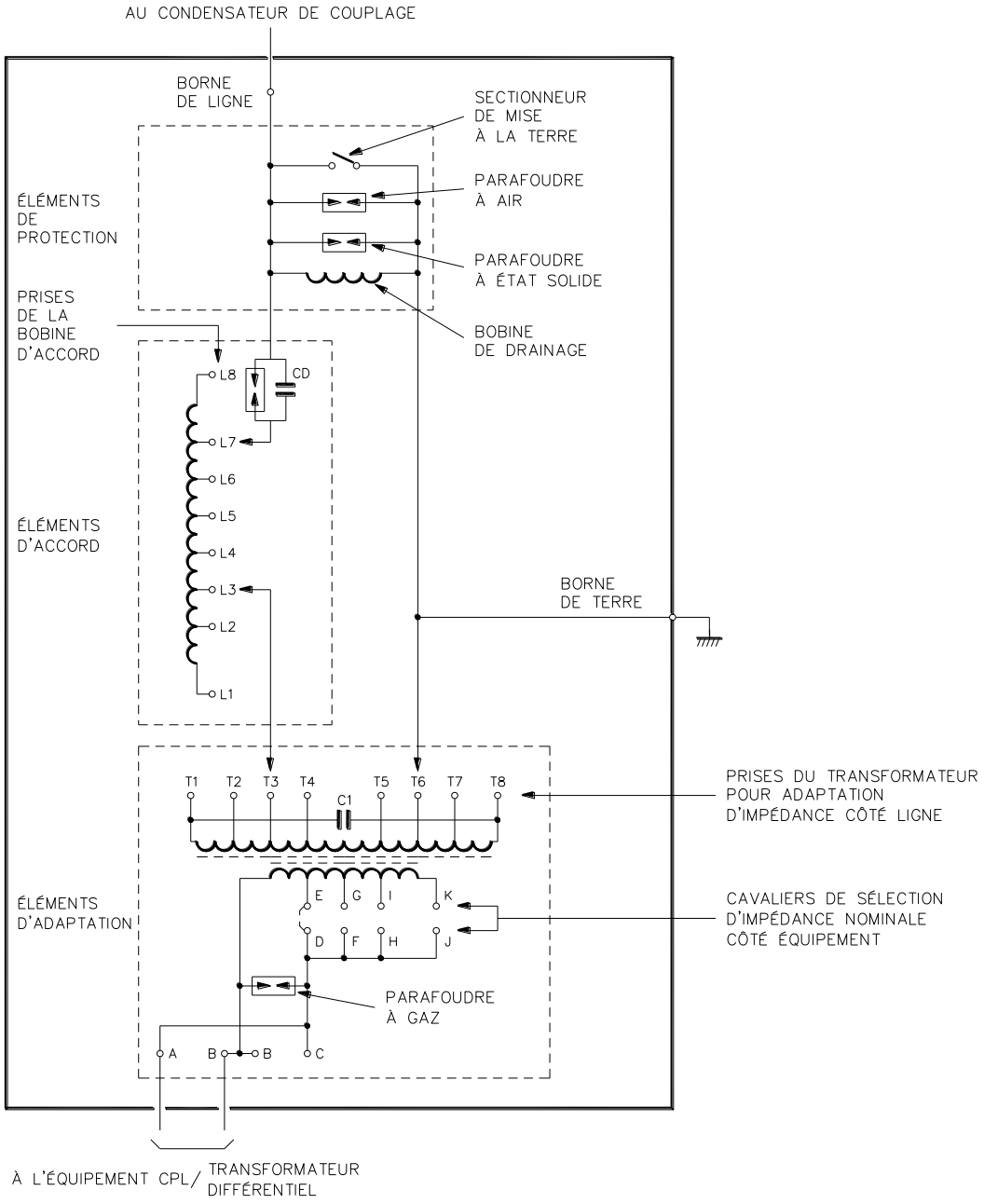


Figure 1 Schéma électrique d'une unité de couplage UAM-4

1.2.1 Éléments de protection

Côté ligne, ils comprennent la bobine de drainage, le sectionneur de mise à la terre, le parafoudre à air et le parafoudre à état solide. Dans la version UAM-4 ce dernier n'est pas équipé.

Côte équipement, ils comprennent le parafoudre à gaz connecté entre les bornes de l'enroulement secondaire du transformateur différentiel. Celui-ci sert à protéger les équipements CPL.

La bobine de drainage est bobinée à en air pour minimiser l'intermodulation due à la saturation du noyau et réalisée en sections multiples pour réduire la capacité parasite. En cas de les versions UAM-4 et UAM-4/D, elle réalise, en même temps, la fonction d'isolateur passant. Elle est moulée dans un bloc de résine époxy qui, en cas de les versions UAM-4 et UAM-4/D, est aussi le support du sectionneur.

1.2.2 Éléments d'accord

Les éléments d'accord des unités UAM-4 sont constitués par deux circuits de résonance qui constituent un filtre passe-bande. Le premier élément est formé par l'inductance de fuite du transformateur d'adaptation et le condensateur connecté aux bornes de l'enroulement primaire. L'autre est constitué par l'inductance d'accord, variable par sauts, et le condensateur de couplage.

Suivant la Recommandation 481 du CEI, la largeur de bande est définie comme la bande passante dans laquelle l'affaiblissement composite n'est pas supérieur à 2 dB et l'affaiblissement d'adaptation est meilleur ou égal à 12 dB. La dernière condition est plus restrictive et l'affaiblissement aux points à 12 dB est normalement inférieur à 1 dB. La largeur de bande augmente avec la fréquence, avec la valeur de la capacité du condensateur de couplage et avec l'impédance de ligne. L'inductance de d'accord a 8 prises pour faire l'accord du condensateur de couplage aux différentes fréquences.

1.2.3 Unité d'adaptation

Elle comprend le transformateur d'isolement qui adapte l'impédance primaire du couplage phase-terre, côté ligne, à l'impédance secondaire, côté équipement. L'enroulement primaire est référé à la terre tandis que le secondaire est équilibré.

L'adaptation se réalise à l'aide des prises de l'enroulement primaire qui permettent de sélectionner 17 valeurs nominales d'impédance disponibles. Pour adapter l'impédance du côté équipement, on dispose de 4 cavaliers au secondaire.

1.3 VERSIONS DE L'UAM-4

Selon la disposition des éléments de protection, les unités de couplage se présentent en deux versions différentes:

UAM-4 Se compose d'un boîtier en aluminium. La bobine de drainage est montée, avec le sectionneur de mise à la terre, sur la partie supérieure du boîtier.

UAM-4/D C'est la même que l'autre sauf qu'il contient le parafoudre à état solide (voir Figure 2).

1.4 TRANSFORMATEURS DIFFÉRENTIELS

La connexion des UAM-4 utilisés pour réaliser un couplage à deux ou trois phases s'effectue, respectivement, avec un ou deux transformateurs différentiels. Son utilisation permet avoir des liaisons tolérantes aux défauts, de telle façon que le défaut, d'une ou de deux phases, seulement introduit un affaiblissement additionnel modéré à la liaison.

Le transformateur différentiel est constitué par un transformateur avec un rapport de transformation de $1{:}\sqrt{2}$ entre l'enroulement primaire et le secondaire. Il a une résistance de R/2 Ω, où R est l'impédance nominale de l'équipement, et elle est connectée entre la prise centrale de l'enroulement secondaire et la borne commune où l'on connecte le blindage des câbles coaxiaux. Cette résistance ne dissipe de la puissance que quand l'une des phases utilisées est en défaut.

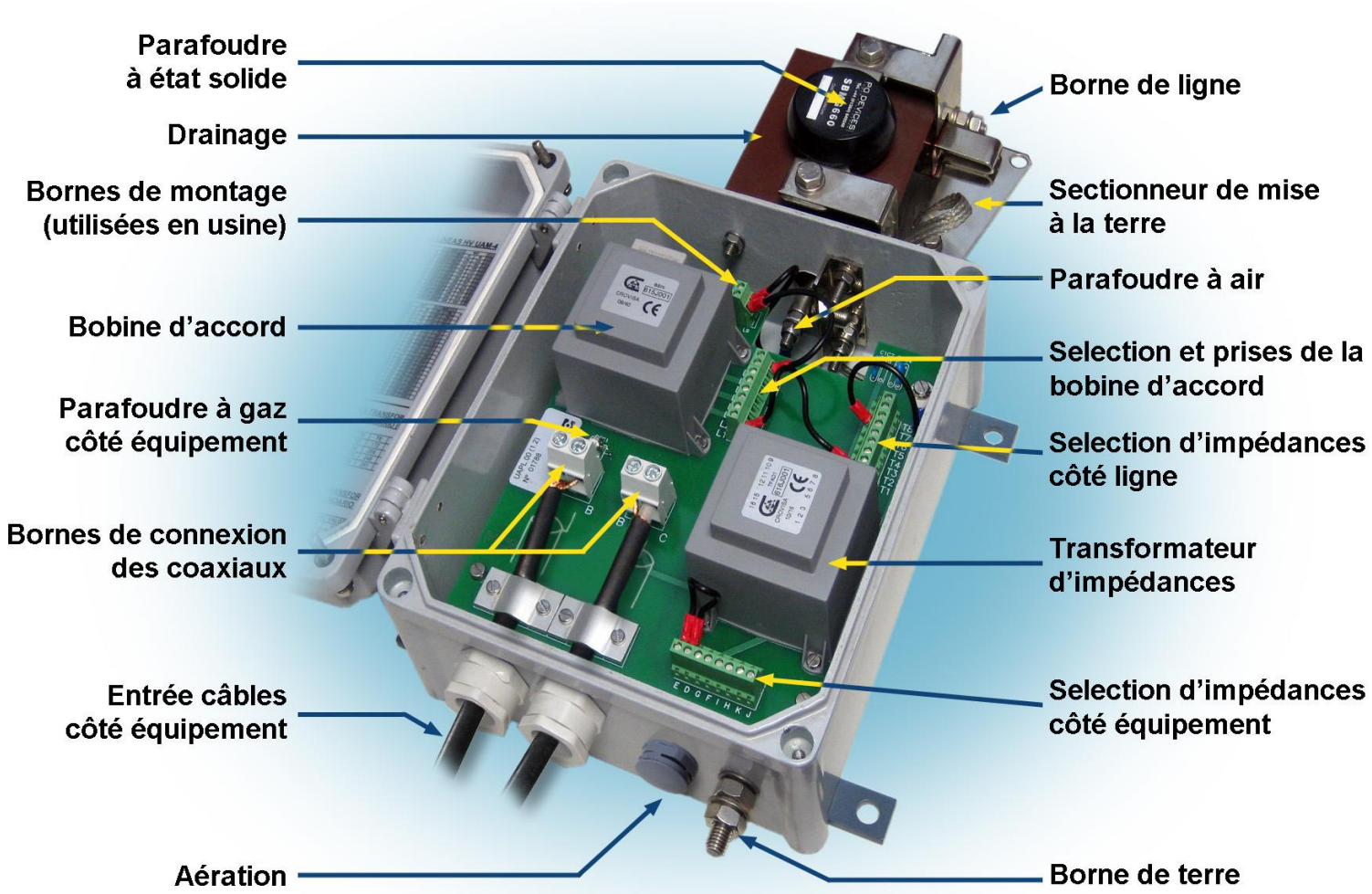


Figure 2 Unité de couplage UAM-4/D

1.5 CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

1.5.1 Caractéristiques électriques

Gamme de fréquences	40 ÷ 500 kHz
Capacité du condensateur de couplage	2 ÷ 10 nF
Puissance nominale (PEP)	400 W pour deux tone
Impédance nominale	
Côté équipement	75, 125, 150 et 250 Ω, choix par cavaliers. Autres impédances sur demande
Côté ligne	25 à 750 Ω, sélection par prises
Distorsion et intermodulation	80 dB au-dessous du niveau correspondant à la puissance nominale (CEI 481 clause 9.6)
Largeur de bande (correspondante à un affaiblissement d'adaptation meilleur que >12 dB et à un affaiblissement composite <2 dB)	Voir figures de paragraphe 4.2.1, *Accord*
Isolement à fréquence industrielle	>5 kV_{eff} (CEI 481 clause 8.1)
Isolement en onde de choc	>2 kV_{eff} (CEI 481 clause 8.2)
Isolement entre les terminaux de connexion de l'unité UAM-4 et le châssis	>1,5 kV_{eff}/50 Hz

1.5.2 Éléments de protection

Parafoudre à air

Tension d'amorçage nominale	1 kV_{eff}
Courant de décharge	>5 kA (8/20 µs)

Parafoudre à état solide
(non équipé sur version UAM-4)

Modèle	SBMG660
Tension nominale	660 V_{eff}
Courant de décharge	5 kA (8/20 µs)

Parafoudre à gaz côté équipement

Modèle	CG2-350L
Tension nominale	350 V_{eff}
Courant de décharge	20 kA (8/20 µs)

Bobine de drainage

Impédance	
de 40 kHz à 65 kHz	≥5 kΩ
de 65 kHz à 500 kHz	≥8 kΩ
Inductance nominale	26 mH
Résistance nominale	7 Ω
Impédance maximum à la fréquence industrielle	13 Ω
Tenue au courant à la fréquence industrielle	1 A_{eff} en permanence. 50 A_{eff} pendant 0,2 s

Sectionneur de mise à la terre

Courant de drainage en permanence	150 A_{eff}

1.5.3 Caractéristiques mécaniques

Fixations	4 perçages de diamètre 8,5 mm
Raccordement à la ligne (condensateur de couplage)	Par tige filetée M8
Raccordement vers équipement CPL	Moyennant presse-étoupe type PG-21, apte pour câbles de diamètre de 9 à 18 mm
Connexion à la terre	Par tige filetée M10
Bornes de sélection de prises	Internes. Aptes pour câbles de 0,3 à 1 mm^2 de section
Bornes de raccordement côté équipement	Internes. Aptes pour conducteurs flexibles de 0,5 à 10 mm^2, et rigides de 0,5 à 16 mm^2
Ventilation	Par un orifice à dispositif type TVMP01UH
Grade de protection IP	Selon IP54 UNE 20.324-93
Température de fonctionnement	De –25°C à +60°C
Finissage	Peinture à base de poudre polyester pour extérieur, couleur gris métallisé (Réf. B-8515 de BJC)
Dimensions	
UAM-4 et UAM-4/D	Hauteur: 264 mm; Largueur: 214 mm; Profondeur: 132 mm
Poids	
UAM-4/D	6,5 kg

2 COUPLAGE A LA LIGNE

Les types principaux de couplage à la ligne utilisés actuellement sont le couplage phase-terre, phase-phase et triphasé.

Le couplage phase-terre est le plus simple et est celui qui requiert le moins d'équipement. C'est pour cela qu'il est utilisé pour des lignes courtes ou des liaisons qui n'ont pas besoin d'une grande fiabilité en présence de défaut de la ligne. Pour ce type de couplage, l'équipement CPL est connecté entre un conducteur de phase et la terre, ayant besoin seulement d'un condensateur de couplage, un circuit bouchon et un groupe de couplage, de chaque côté de la liaison. Bien que le couplage se réalise seulement sur une phase, les autres conducteurs sont aussi impliqués dans la transmission. Ceci permet de minimiser l'affaiblissement dû aux pertes à la terre à la fréquence porteuse. Malgré cela, ce type de couplage est celui qui présente le plus d'affaiblissement et est le moins fiable en cas de défaut de la phase impliquée.

Pour le couplage interphase, les signaux envoyés aux deux phases sont égaux mais en opposition de phase. De cette façon, la répartition de la puissance émise est la même dans les deux phases. Ce mode de transmission réduit l'affaiblissement aux fréquences porteuses. L'inconvénient présenté par ce type de couplage est la nécessité d'utiliser le double d'équipements que pour un couplage phase-terre.

Pour envoyer les signaux aux phases, il est possible d'utiliser un transformateur différentiel qui opère comme un coupleur différentiel (voir Figure 3). Les phases sont isolées, ce qui fait que la fiabilité de la liaison augmente. Lorsqu'un défaut se produit dans un des conducteurs, celui qui n'est pas en défaut fonctionne comme si c'était un couplage phase-terre mais avec un affaiblissement supplémentaire de 6 dB.

Si cette fiabilité n'est pas nécessaire, la connexion peut être faite avec un câble. On parle alors d'un couplage interphase avec connexion en parallèle. Cependant, la connexion en parallèle pourrait n'être pas satisfaisante dans le cas de lignes à très basse impédance comme les câbles souterrains et, dans ce cas, l'utilisation du transformateur différentiel peut s'avérer nécessaire.

Le couplage triphasé consiste à envoyer la puissance des signaux HF aux trois conducteurs. La moitié de la puissance est envoyée au conducteur central et l'autre moitié distribuée par égal entre les conducteurs extérieurs (voir Figure 4).

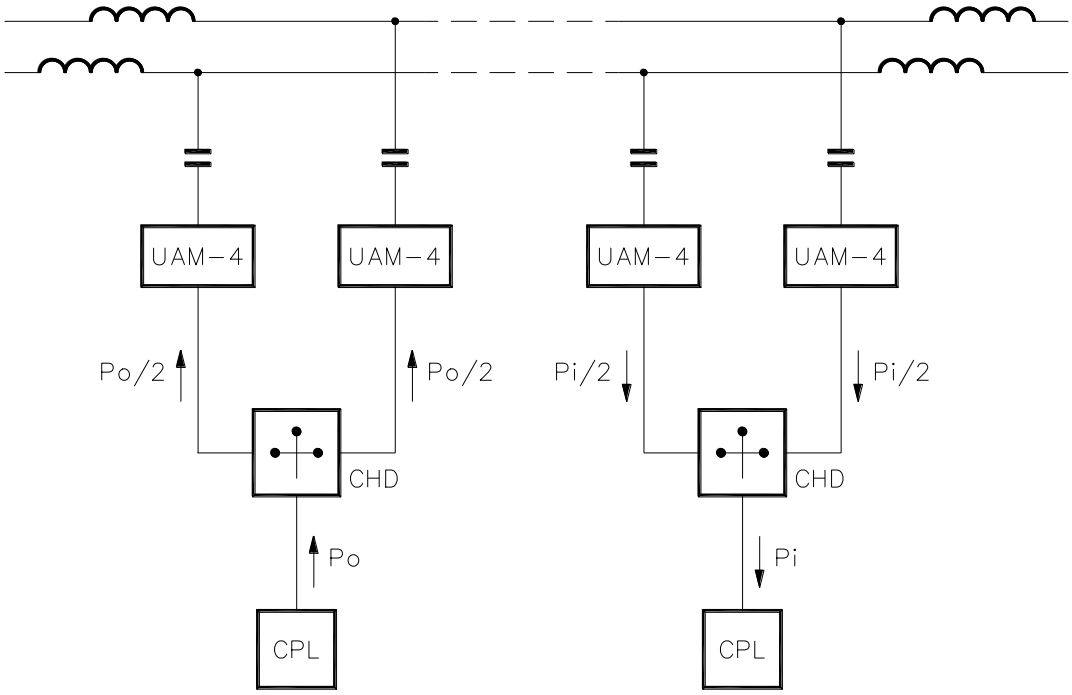


Figure 3 Couplage phase-phase avec transformateur différentiel

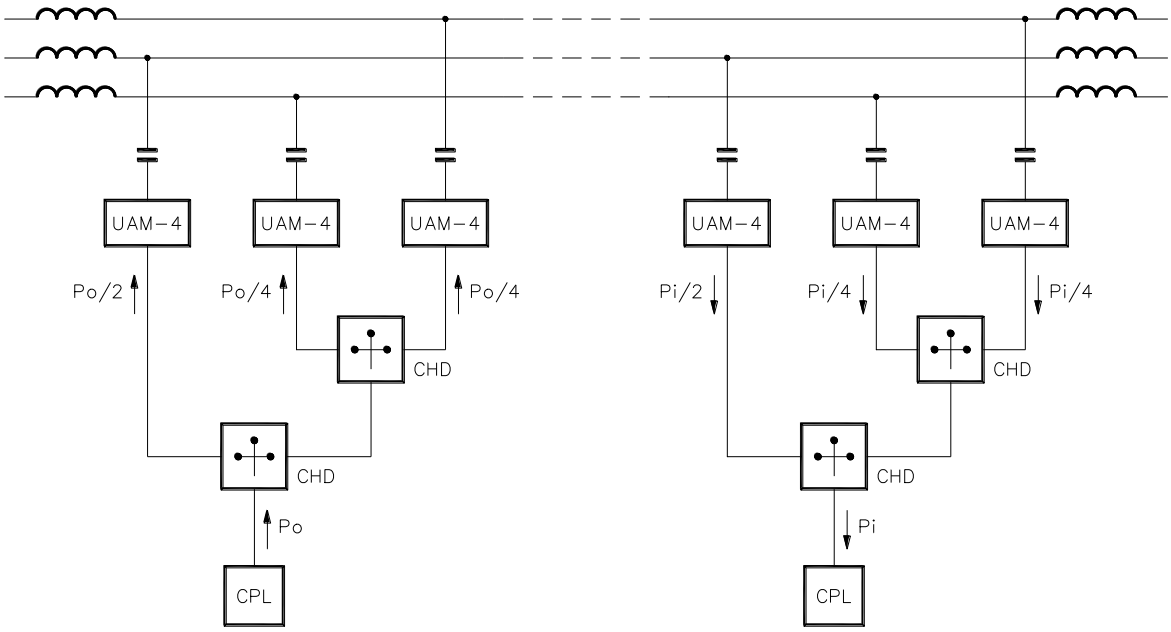


Figure 4 Couplage triphasé

Ce type de couplage est celui qui présente le moins d'affaiblissement et permet le maintien de la communication en cas de défaut d'une des phase de la ligne. L'affaiblissement additionnel dépend de la phase ou des phases en défaut, et varie légèrement selon qu'il s'agit d'une interruption, d'un court-circuit ou des deux défauts. Un calcul approximatif donne qu'un défaut de la phase centrale ou des deux phases extérieures provoque un affaiblissement supplémentaire de 6 dB, tandis qu'un défaut d'une phase extérieure donne un affaiblissement supplémentaire de 2,5 dB. Le défaut de la phase centrale et d'une extérieure donne un affaiblissement supplémentaire de 12 dB.

3 RECOMMANDATIONS DE SECURITÉ

3.1 RECOMMANDATIONS PRÉALABLES À L'INSTALLATION

! 1. L'installation des unités de couplage dans un poste Haute Tension est soumise à la mise en place de toutes les mesures de sécurité et de prévention des risques pour ce type de travaux, par la compagnie d'électricité qui utilisera ces appareils. Par conséquent, seul le personnel qualifié désigné par la compagnie d'électricité propriétaire de l'installation doit effectuer l'installation et la manipulation des unités de couplage.

2. L'unité de couplage doit être placée près du condensateur de couplage, en évitant un long câble entre les deux appareils. Cet endroit doit également être facilement accessible au personnel de maintenance.

   a. Le câble de connexion entre l'unité de couplage et l'équipement CPL doit être adapté à l'impédance caractéristique de ce dernier et adapté aux réglages de l'unité de couplage. Ces câbles sont généralement de type coaxial, d'impédance caractéristique de 75 ou 50 Ω et possèdent une protection appropriée pour le chemin qu'ils suivent (dans la plupart des cas, les câbles souterrains).

   b. Pour le couplage entre phases avec l'utilisation d'un circuit hybride, il est recommandé que le câble de connexion coaxial entre les deux unités phase-terre et le circuit hybride soit de la même longueur et que l'impédance caractéristique soit adaptée à l'impédance côté équipement.

3. Si l'installation est réalisée sur une ligne électrique HORS TENSION, les recommandations générales pour tout appareil électrique situé dans les sous-stations doivent être suivies ainsi que celles de chaque compagnie.

4. Si la ligne électrique est SOUS TENSION, les éléments suivants doivent être pris en compte:

   a. Mise à la terre du condensateur de couplage.

   b. Installation de l'unité de couplage (y compris le raccordement au condensateur de couplage **et la mise à la terre de la borne correspondante**) suivant les recommandations indiquées au point 3.

   c. S'assurer que le sectionneur de terre de l'unité de couplage est fermé.

   d. Défaire la connexion effectuée au point 4a.

5. Pour un fonctionnement normal de l'unité de couplage, le sectionneur de terre doit rester ouvert.

3.2 RECOMMANDATIONS POUR LA MAINTENANCE

Pour effectuer tout réglage ou test sur l'unité de couplage, les points suivants doivent être pris en compte:

! 1. Assurez-vous que l'unité de couplage **est mise à la terre** au moyen de sa borne de terre (tige filetée M10).

2. Fermez le sectionneur de terre intégré à l'unité de couplage. Les unités de couplage NE DOIVENT PAS être manipulées SOUS TENSION sans prendre cette précaution.

3. Réglage de l'équipement. Un abaque, situé à l'intérieur du couvercle de l'unité de couplage, indique les connexions à effectuer dans des conditions de fonctionnement typiques. En supposant que l'impédance de ligne est de 300 Ω, et connaissant l'impédance de l'équipement, les cavaliers et les réglages sont effectués en fonction de la valeur de l'abaque la plus proche de celle du condensateur de couplage.

4. Une fois les réglages nécessaires effectués, le sectionneur de terre doit être ouvert pour effectuer les mesures ou les tests.
   L'annexe A expliqué les méthodes de mesure de l'affaiblissement composite et de l'affaiblissement d'adaptation.
   En cas de l'affaiblissement d'adaptation, une valeur supérieure à 12 dB suffit, bien qu'il soit possible d'obtenir une valeur plus élevée, notamment au centre de la bande. Les valeurs du condensateur de couplage et de l'impédance caractéristique de la ligne n'étant jamais exactes, la valeur définitive est obtenue par essais et erreurs.

5. S'il est nécessaire d'effectuer un nouveau réglage, se référer au point 2.

4 INSTALLATION ET MISE EN SERVICE

4.1 INSTALLATION

Les unités de couplage sont normalement montés sur la même structure qui supporte le condensateur de couplage. Les dimensions et les cotes de perçage des boîtiers des dispositifs de couplage sont montrées sur les figures adjointes à la fin du document.

Chaque boîtier a deux entrées pour les câbles coaxiaux provenant de l'équipement CPL ou le transformateur différentiel.

Le blindage du coaxial doit être relié à la terre seulement à une extrémité du câble, habituellement côté équipement, pour éviter la circulation de courant provoquée par la différence de potentiel entre les deux points de terre.

Chaque boîtier possède quatre bornes pour le raccordement du coaxial provenant de l'équipement CPL ou du transformateur différentiel vers le secondaire du transformateur d'isolement. Les bornes des extrémités A et C sont réunies électriquement afin de faciliter la mise en parallèle de deux unités pour le cas de certains couplages phase-phase. Les bornes centrales, identifiées B, sont également réunies et sont normalement utilisées pour le raccordement de la maille du coaxial.

La connexion entre le condensateur de couplage et le groupe est faite en général à l'aide d'une barre en cuivre. Si le condensateur de couplage associé au groupe n'est pas équipé d'un sectionneur de mise à la terre, il est conseillé d'en installer un, dans une position facilement visible, pour protéger le personnel pendant l'installation du groupe de couplage. Le sectionneur monté dans le boîtier devra être utilisé seulement pendant le réglage ou le test de l'équipement.

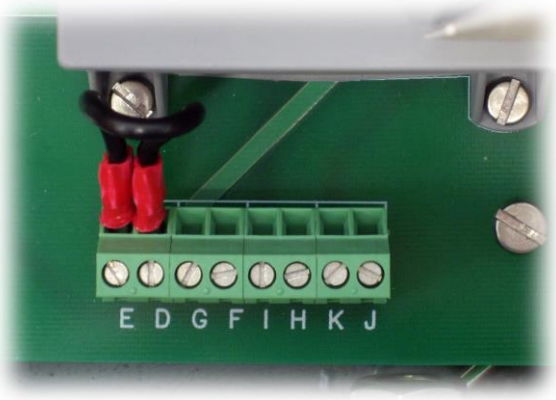
Il est aussi souhaitable de connecter le condensateur de couplage au sectionneur, et de là au groupe de couplage au lieu d'effectuer des connexions séparées entre le condensateur et les deux autres éléments.

Par la suite, le procédé d'installation pour chaque type de couplage est détaillé.

4.1.1 Couplage phase-terre

Pour le couplage phase-terre, le conducteur interne du coaxial doit être connecté à la borne A ou C et le blindage à la borne B.

La sélection de l'impédance nominale côté équipement se fait en plaçant un des quatre cavaliers indiqués dans la Figure 5.



Position D-E: pour une impédance de 75 Ω.
Position F-G: pour une impédance de 125 Ω.
Position H-I: pour une impédance de 150 Ω.
Position J-K: pour une impédance de 250 Ω.

Figure 5 Cavaliers de sélection de l'impédance nominale côté équipement

Toutefois, afin d'obtenir des impédances différentes des nominales côté ligne, on peut ajuster à des valeurs autres que celles indiquées par le pontage établi: les différentes combinaisons, et les valeurs d'impédance de ligne associées, sont indiqués dans le Tableau 1. Dans ce tableau, les valeurs nominales sont indiquées en gras.

			IMPÉDANCES CÔTÉ LIGNE (Ω)																		
			T1-T3	T1-T4	T5-T6	T5-T4	T5-T3	T5-T2	T5-T1	T6-T4	T6-T3	T6-T2	T6-T1	T7-T4	T7-T3	T7-T2	T7-T1	T8-T4	T8-T3	T8-T2	T8-T1
IMPÉDANCES CÔTÉ ÉQUIPEMENT	75 Ω	D-E		16	**28**	**62**	**84**	**110**	**139**	**172**	**208**	**248**	**291**	**337**	**387**	**441**	**498**	**558**	**622**	**689**	**759**
		F-G		<10	16	36	50	65	82	101	123	146	171	199	228	260	293	329	366	406	447
		H-I		<10	13	31	42	54	69	85	103	122	143	166	191	217	245	275	306	340	374
		J-K			<10	18	25	32	41	50	61	73	85	99	113	129	146	163	182	202	222
	125 Ω	F-G	<10	15	**27**	**61**	**83**	**108**	**137**	**169**	**204**	**243**	**286**	**331**	**380**	**433**	**488**	**548**	**610**	**676**	**745**
		H-I	<10	13	23	51	69	90	115	141	171	204	239	277	318	362	409	458	511	566	624
		J-K		<10	13	30	41	54	68	84	102	121	142	165	189	215	243	272	303	336	370
	150 Ω	H-I	<10	15	**27**	**61**	**83**	**109**	**138**	**170**	**205**	**244**	**287**	**333**	**382**	**435**	**491**	**550**	**613**	**679**	**749**
		J-K		<10	16	36	49	64	82	101	122	145	170	198	227	258	291	326	364	403	444
	250 Ω	J-K	<10	15	**27**	**60**	**82**	**107**	**136**	**168**	**203**	**242**	**284**	**329**	**378**	**430**	**485**	**544**	**606**	**672**	**741**

Tableau 1 Impédances côté ligne correspondant à des impédances côté équipement égales ou distinctes du cavalier effectué

4.1.2 Couplage phase-phase

Pour le couplage phase-phase il faut deux unités UAM-4 à chaque extrémité de la liaison. La connexion entre elles et leur équipement à courants porteurs peut se faire à l'aide d'un transformateur différentiel, de sorte que, si une des phases utilisées se coupe ou se met à la terre, la liaison reste établie en mode phase-terre. Elle peut également se faire en parallèle, par un simple coaxial, s'il n'est pas indispensable de maintenir la liaison en cas de défaut de ligne, ainsi que pour les câbles souterrains dans la mesure où l'impédance de ligne le permet.

Connexion à travers un transformateur différentiel

La Figure 6 montre la configuration du couplage phase-phase en utilisant un transformateur différentiel.

Pour ajuster l'impédance d'entrée des unités de couplage à l'impédance nominale du transformateur différentiel, il faut effectuer le cavalier D-E sur chaque unité UAM-4 (voir Figure 5).

Les câbles coaxiaux employés pour la connexion du transformateur différentiel avec les unités de couplage doivent avoir la même longueur. Les blindages des câbles peuvent être connectés à la terre au moyen du pont C-D du transformateur différentiel. De la même façon, le blindage du câble coaxial provenant du CPL, habituellement connecté à la terre côté équipement, peut-être mis à la terre côté groupe de couplage au moyen du pont A-B du transformateur différentiel si l'on veut.

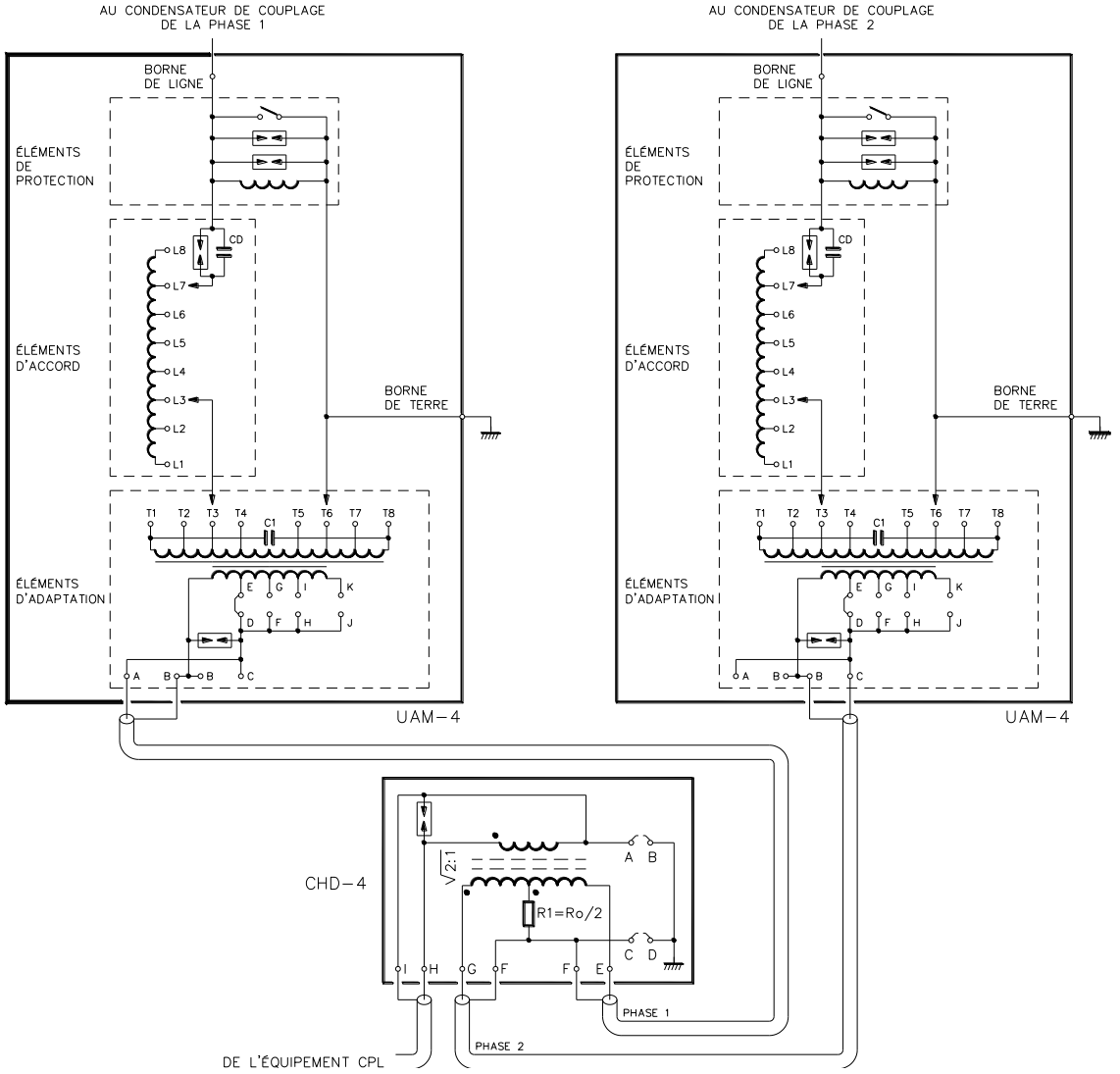


Figure 6 Couplage phase-phase

Connexion en parallèle

Les unités de couplage peuvent être connectés en parallèle comme indique la Figure 7. Le câble coaxial provenant de l'équipement CPL est normalement connecté aux bornes A et B du premier boîtier tandis que le câble d'interconnexion est connecté entre les bornes B et C du même boîtier et les bornes A et B de l'autre.

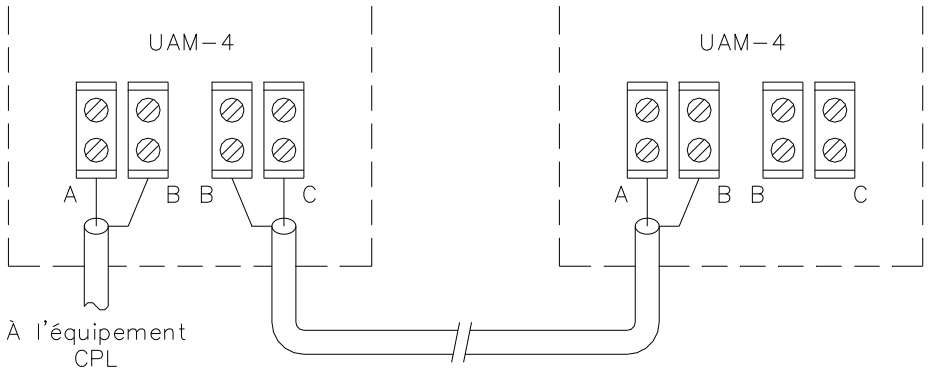


Figure 7 Connexion en parallèle de deux UAM-4

Par suite de la mise en parallèle des transformateurs, la valeur de l'impédance qu'ils présentent au terminal CPL doit être le double de la valeur nominale de ce dernier, c'est-à-dire de 150 Ω chacun pour obtenir les 75 Ω voulus, ce qui correspond au cavalier H-I sur chaque unité (voir Figure 5), et de 250 Ω pour obtenir 125 Ω en pontant J-K.

Dans le cas du couplage phase-phase en parallèle, il faut tenir compte de ce que le signal généré par le terminal CPL doit être injecté en opposition sur les conducteurs de la ligne. Dans ce but, il faut que l'enroulement primaire (côté ligne) du transformateur d'une des unités soit raccordé à l'envers par rapport à l'autre comme indiqué la Figure 8.

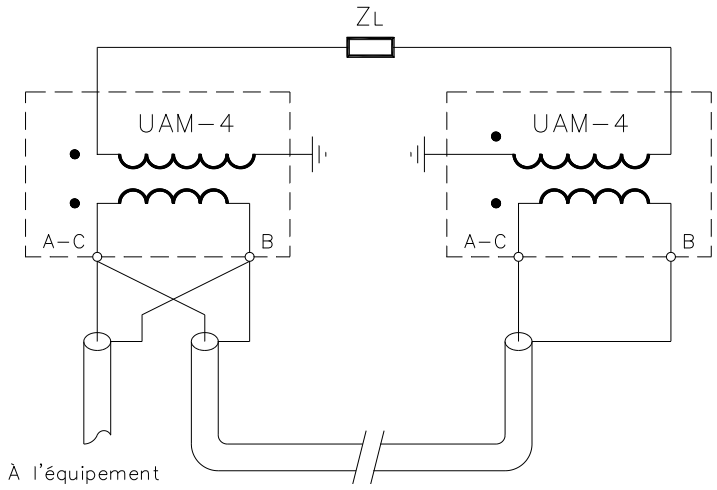


Figure 8 Connexion des enroulements primaires sur le couplage phase-phase parallèle

Pour cela, la prise du transformateur raccordée à la bobine d'accord dans une unité, doit être mise à la terre dans l'autre et vice-versa. Peu importe le sens de ce croisement, l'important est que les phases soient bien attaquées en opposition.

4.1.3 Couplage triphasé

La Figure 9 montre une configuration de test pour le système de couplage triphasé où l'on peut vérifier que la moitié de la puissance est transmise par la phase centrale et un quart par chaque phase extérieure.

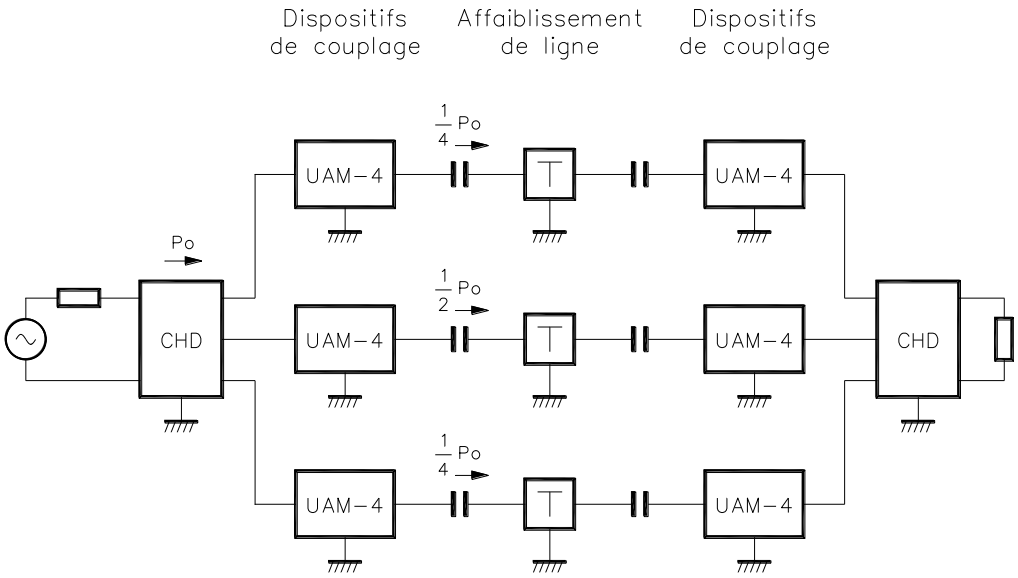


Figure 9 Configuration de test du couplage triphasé

La mesure de l'affaiblissement composite doit être réalisée sur la liaison complète, simulée par la configuration de test de la Figure 9, et non sur l'ensemble d'une extrémité de la ligne car, la transmission ayant lieu sur trois conducteurs, il n'y a pas d'éléments bipolaires côté ligne.

La configuration du couplage triphasé est indiquée dans la Figure 10. Les trois unités de couplage sont identiques mais la polarité du transformateur de l'unité connectée à la phase 2 doit être inversée de façon à ce que la phase des signaux injectés sur les conducteurs extérieurs soit l'opposée de celle du conducteur central. Pour cela il faut raccorder les prises côté ligne du transformateur de l'unité de la phase 2 à l'envers. Ainsi, la prise raccordée à la bobine d'accord sur l'unité correspondant à la phase 1, doit être raccordée à la terre sur l'unité de la phase 2 et vice-versa.

Pour raccorder à la terre les mailles des coaxiaux qui relient les unités de couplage aux coupleurs différentiels, il faut établir sur ces derniers le cavalier C-D. Si la maille du coaxial provenant du terminal n'est pas mise à la terre côté équipement, on peut effectuer cette mise à la terre côté groupe de couplage au moyen du cavalier A-B du coupleur différentiel.

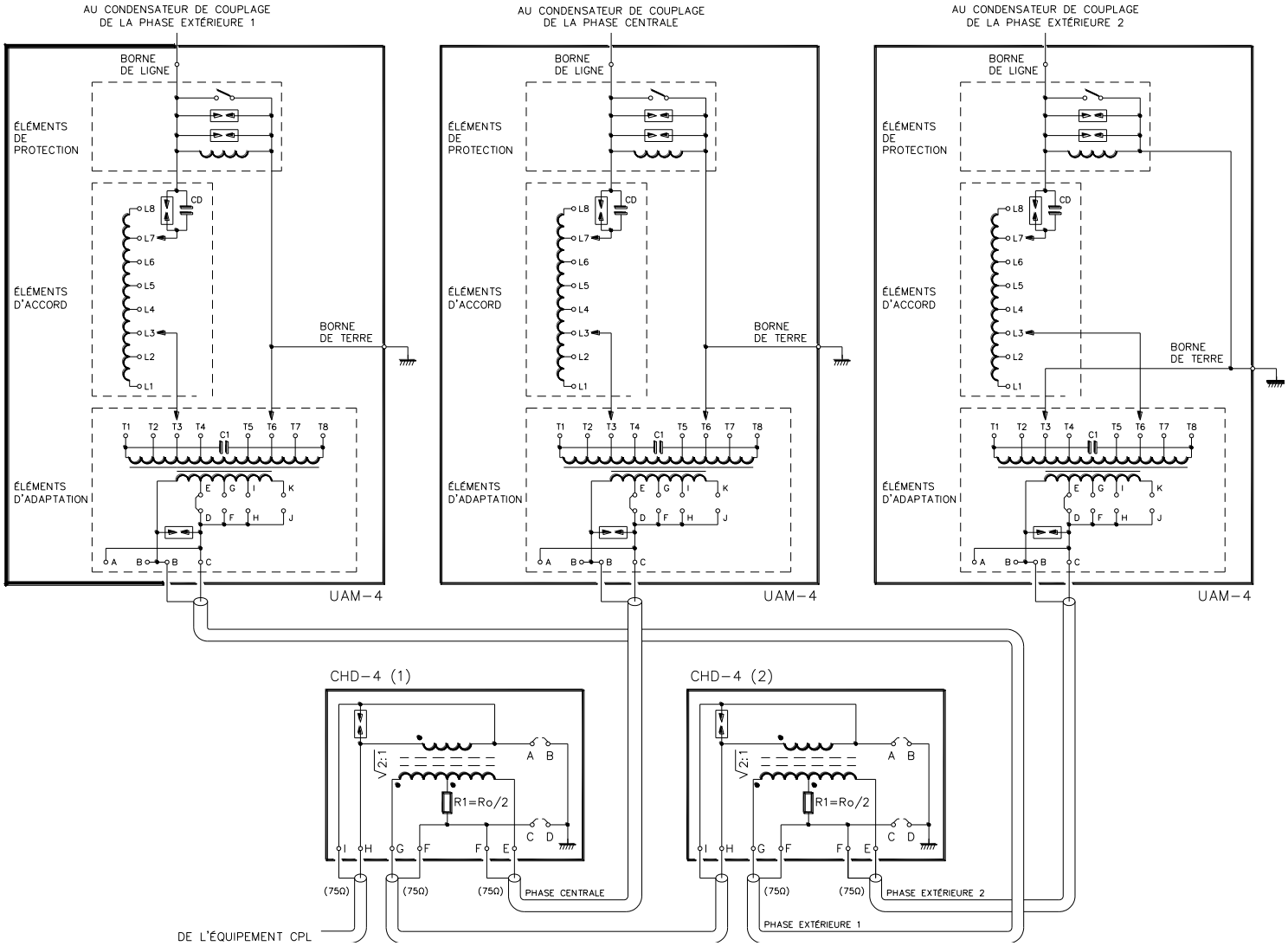


Figure 10 Couplage triphasé

4.2 MISE EN SERVICE

Avant de réaliser les réglages d'accord et d'adaptation d'impédance, il faut fermer le sectionneur de mise à la terre de l'unité UAM-4. C'est ainsi que la présence de tensions périlleuses pour le personnel est évitée. En fonctionnement normal, le sectionneur doit rester ouvert.

4.2.1 Accord

Le réglage de l'accord se fait par les prises de la bobine d'accord; on utilisera comme guide les figures suivantes. Sur ces figures, les valeurs de fréquences F1 et F2 ont une tolérance de ± 10 %.

Les figures sont référencées à une impédance nominale de ligne de 300 Ω et 30 Ω pour un couplage phase-terre.

Il est souhaitable de vérifier que l'accord réalisé est optimal une fois effectuée l'adaptation des impédances.

En ce qui concerne les couplages phase-phase et triphasé, le point de départ consiste à accorder chaque unité pour le couplage phase-terre. Après il faut effectuer le réglage pour l'ensemble pour atteindre les meilleures caractéristiques de l'affaiblissement d'adaptation sur toute la bande. La section 2 de l'appendice A indiqué comment réaliser la mesure de cet affaiblissement.

Connaissant la valeur de la fréquence centrale Fo et la valeur de la capacité de couplage Ca, on peut connaître la valeur de la self d'accord nécessaire moyennant la formule:

$$L = \frac{1}{4 * \pi^2 * Fo^2 * Ca}$$

Cette valeur calculée, on sélectionnera les prises donnant la valeur la plus proche sur la bobine (voir Tableau 2).

Par suite des tolérances qui interviennent dans les éléments de couplage, il se peut que les prises choisies ne coïncident pas exactement avec la valeur obtenue par calcul. Dans ce cas, il convient d'augmenter ou de diminuer la self pour centrer l'accord sur le milieu de la bande à transmettre.

PRISES	L (µH)	PRISES	L (µH)	PRISES	L (µH)
L1:L8	1558	L3:L8	427	L4:L6	63
L1:L7	1299	L2:L4	313	L3:L4	52
L1:L6	1174	L3:L7	282	L6:L8	46
L1:L5	1000	L3:L6	218	L5:L7	31
L2:L8	919	L4:L8	201	L4:L5	23
L1:L4	757	L3:L5	139	L7:L8	22
L2:L7	712	L2:L3	118	L5:L6	11
L2:L6	615	L1:L2	114	L6:L7	6
L2:L5	484	L4:L7	101		
L1:L3	441	L5:L8	97		

Tableau 2 Inductances nominales de la bobine d'accord

CONNEXION	F1 (kHz)	F2 (kHz)	B (kHz)
L1-L8	84	99	15
L1-L7	91	110	19
L1-L6	95	117	22
L1-L5	103	128	25
L2-L8	105	131	26
L2-L7	118	152	34
L2-L6	126	165	39
L2-L5	140	189	49
L3-L8	146	201	55
L2-L4	168	241	73
L3-L7	174	254	80
L4-L8	197	301	104
L3-L5	230	364	134
L2-L3	239	381	142
L1-L2	250	404	154
L4-L7	255	411	156
L5-L8	262	428	166
L4-L6	300	478	178
L3-L4	326	510	184
L6-L8	341	530	189
L5-L7	386	553	167

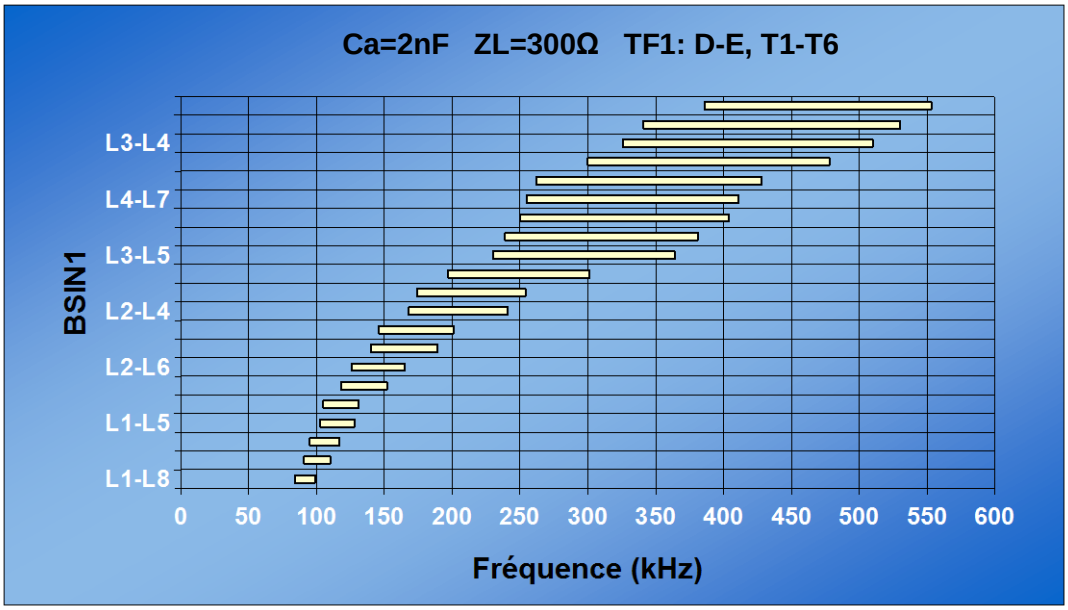


Figure 11 Sélection des prises de la bobine d'accord pour un condensateur de couplage de 2000 pF en fonction de la largeur de bande de couplage utile (impédance de ligne de 300 Ω)

CONNEXION	F1 (kHz)	F2 (kHz)	B (kHz)
L1-L8	57	73	16
L1-L7	62	81	19
L1-L6	65	86	21
L1-L5	70	96	26
L2-L8	72	98	26
L2-L7	80	115	35
L2-L6	85	126	41
L2-L5	94	147	53
L3-L8	97	157	60
L2-L4	110	194	84
L3-L7	114	205	91
L4-L8	127	248	121
L3-L5	147	316	169
L2-L3	152	335	183
L1-L2	158	361	203
L4-L7	159	368	209
L5-L8	162	384	222
L4-L6	184	446	262
L3-L4	195	481	286
L6-L8	199	550	351
L5-L7	222	536	314

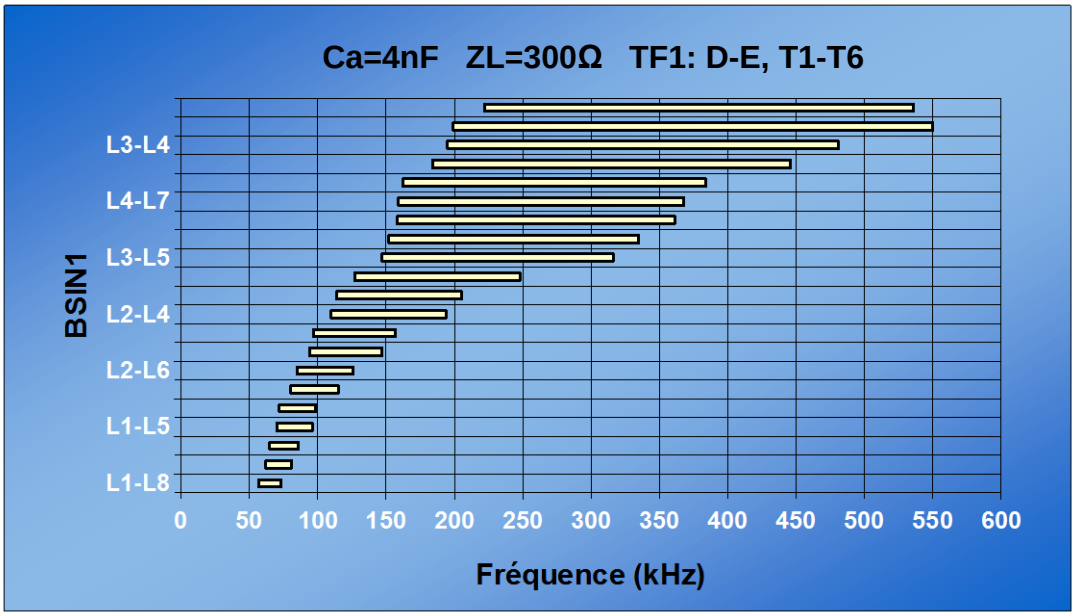


Figure 12 Sélection des prises de la bobine d'accord pour un condensateur de couplage de 4000 pF en fonction de la largeur de bande de couplage utile (impédance de ligne de 300 Ω)

CONNEXION	F1 (kHz)	F2 (kHz)	B (kHz)
L1-L8	46	61	15
L1-L7	50	69	19
L1-L6	52	73	21
L1-L5	56	81	25
L2-L8	56	83	27
L2-L7	63	98	35
L2-L6	66	107	41
L2-L5	73	126	53
L3-L8	76	135	59
L2-L4	86	169	83
L3-L7	88	179	91
L4-L8	97	221	124
L3-L5	110	289	179
L2-L3	115	309	194
L1-L2	118	338	220
L4-L7	119	343	224
L5-L8	120	361	241
L4-L6	134	431	297
L3-L4	142	469	327
L6-L8	144	493	349
L5-L7	156	535	379

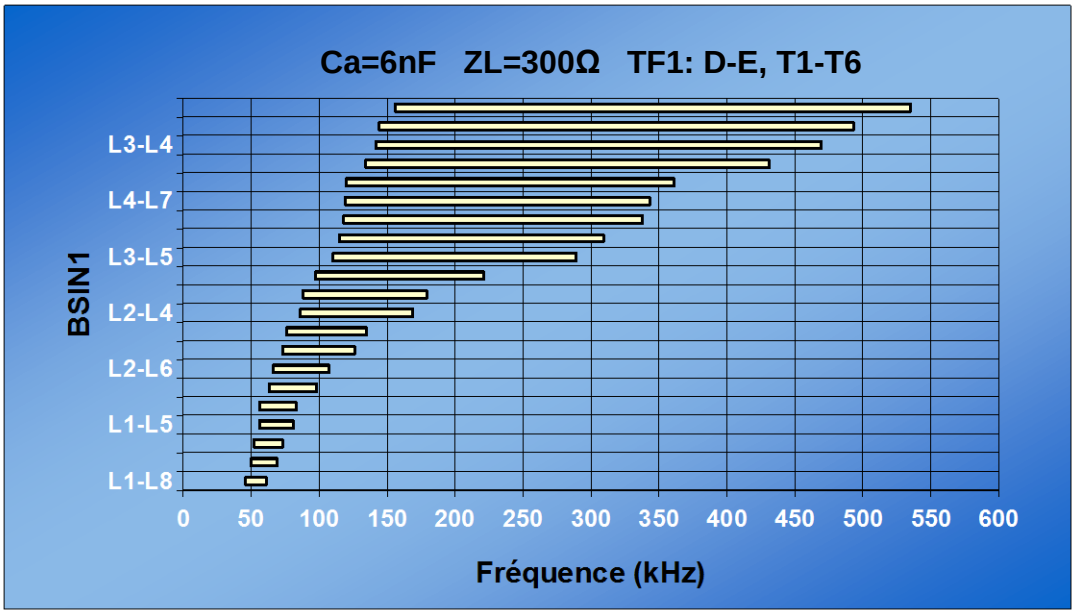


Figure 13 Sélection des prises de la bobine d'accord pour un condensateur de couplage de 6000 pF en fonction de la largeur de bande de couplage utile (impédance de ligne de 300 Ω)

CONNEXION	F1 (kHz)	F2 (kHz)	B (kHz)
L1-L8	39	54	15
L1-L7	41	61	20
L1-L6	43	65	22
L1-L5	46	72	26
L2-L8	47	74	27
L2-L7	52	88	36
L2-L6	55	97	42
L2-L5	60	115	55
L3-L8	62	123	61
L2-L4	69	156	87
L3-L7	71	166	95
L4-L8	78	207	129
L3-L5	88	277	189
L2-L3	90	297	207
L1-L2	93	326	233
L4-L7	94	332	238
L5-L8	94	349	255
L4-L6	103	422	319
L3-L4	108	462	354
L6-L8	109	487	378
L5-L7	115	532	417

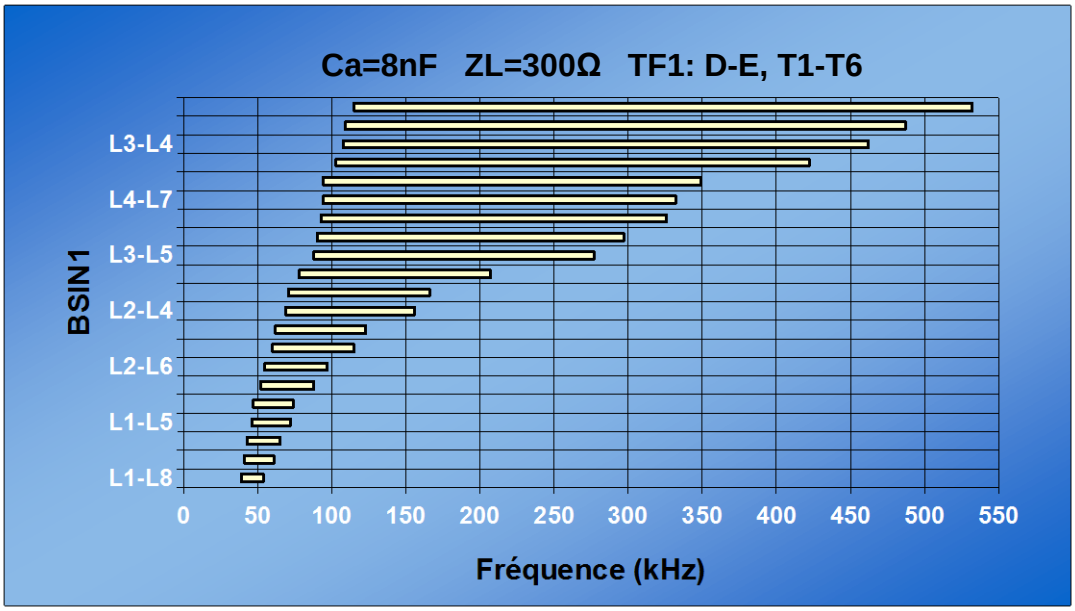


Figure 14 Sélection des prises de la bobine d'accord pour un condensateur de couplage de 8000 pF en fonction de la largeur de bande de couplage utile (impédance de ligne de 300 Ω)

CONNEXION	F1 (kHz)	F2 (kHz)	B (kHz)
L1-L8	34	49	15
L1-L7	37	56	19
L1-L6	38	59	21
L1-L5	40	66	26
L2-L8	41	68	27
L2-L7	45	81	36
L2-L6	47	89	42
L2-L5	52	106	54
L3-L8	54	114	60
L2-L4	60	145	85
L3-L7	61	155	94
L4-L8	67	194	127
L3-L5	74	264	190
L2-L3	76	286	210
L1-L2	79	315	236
L4-L7	79	320	241
L5-L8	80	337	257
L4-L6	86	414	328
L3-L4	89	458	369
L6-L8	90	484	394
L5-L7	95	529	434

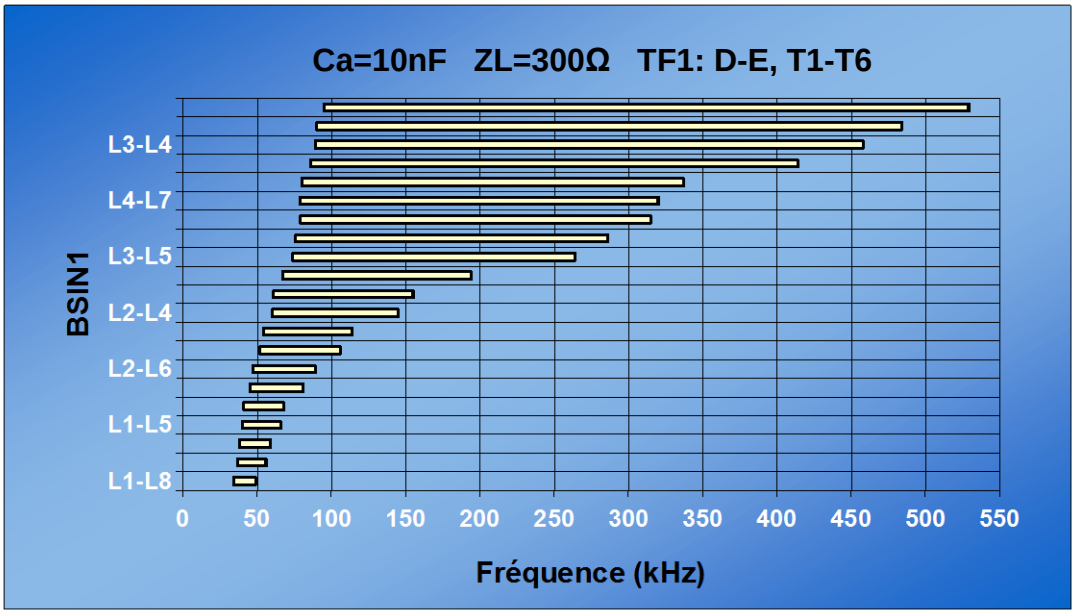


Figure 15 Sélection des prises de la bobine d'accord pour un condensateur de couplage de 10000 pF en fonction de la largeur de bande de couplage utile (impédance de ligne de 300 Ω)

CONNEXION	F1 (kHz)	F2 (kHz)	B (kHz)
L3-L5	190	207	17
L2-L3	199	217	18
L1-L2	209	229	20
L4-L7	212	232	20
L4-L6	250	280	30
L3-L4	271	306	35
L6-L8	280	319	39
L5-L7	314	362	48
L4-L5	334	387	53
L7-L8	346	407	61
L5-L6	389	463	74
L6-L7	430	520	90

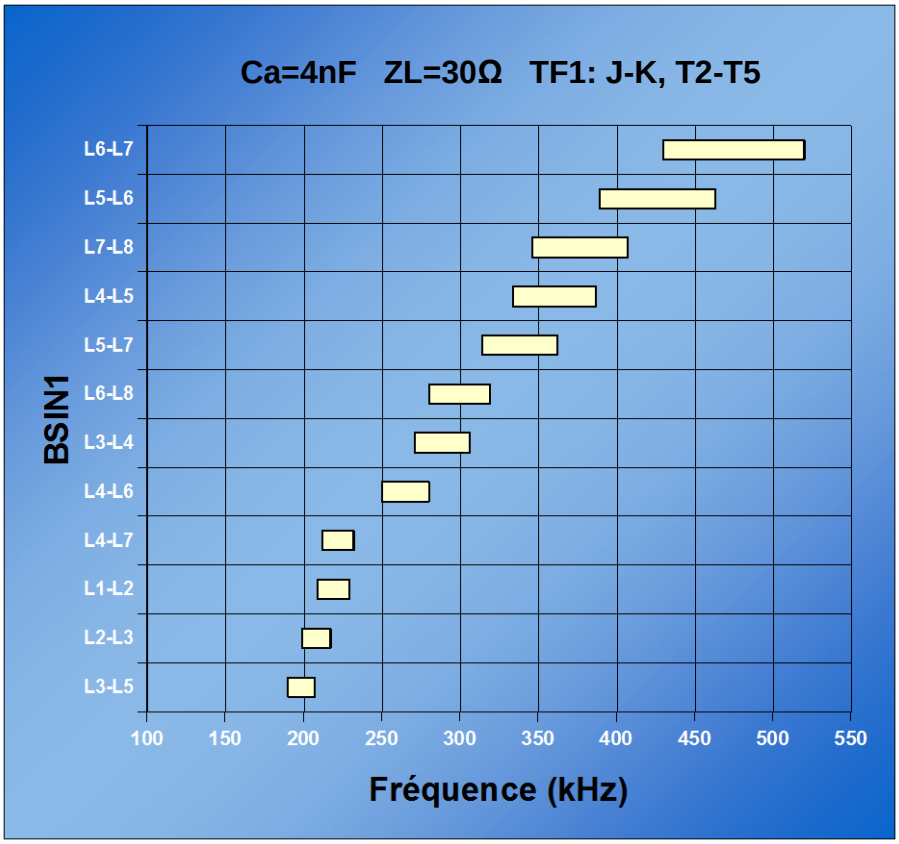


Figure 16 Sélection des prises de la bobine d'accord pour un condensateur de couplage de 4000 pF en fonction de la largeur de bande de couplage utile (impédance de ligne de 30 Ω)

CONNEXION	F1 (kHz)	F2 (kHz)	B (kHz)
L3-L5	171	188	17
L2-L3	178	197	19
L1-L2	187	208	21
L4-L7	190	211	21
L4-L6	225	255	30
L3-L4	244	280	36
L6-L8	252	292	40
L5-L7	283	334	51
L4-L5	302	359	57
L7-L8	312	376	64
L5-L6	352	434	82
L6-L7	389	496	107

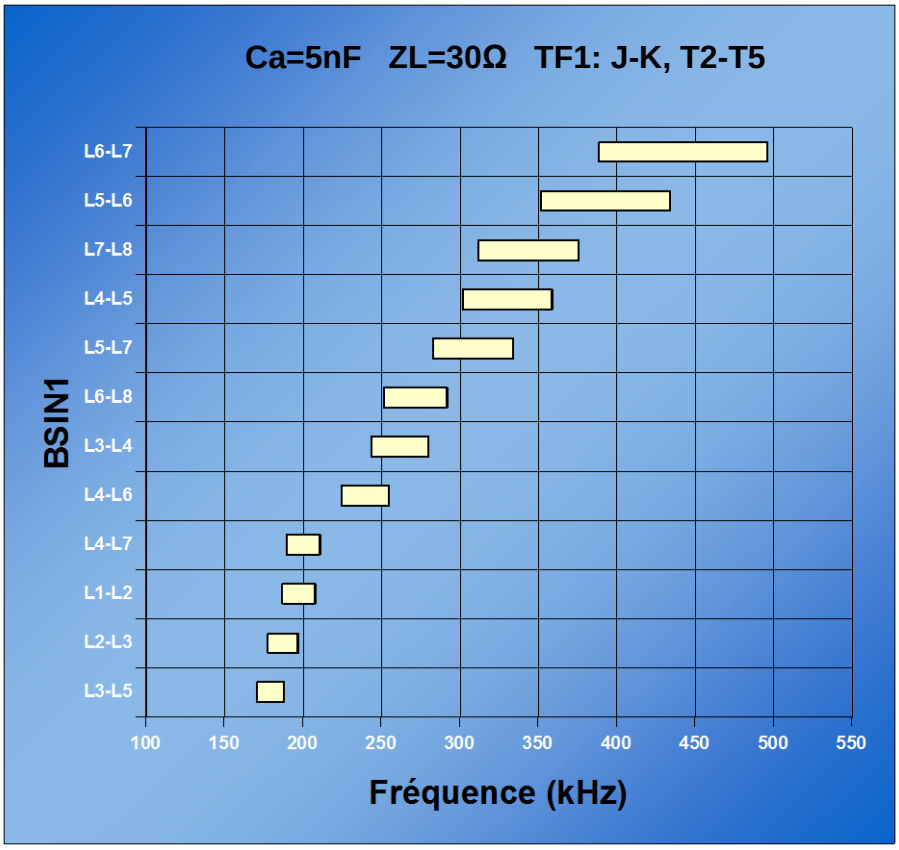


Figure 17 Sélection des prises de la bobine d'accord pour un condensateur de couplage de 5000 pF en fonction de la largeur de bande de couplage utile (impédance de ligne de 30 Ω)

CONNEXION	F1 (kHz)	F2 (kHz)	B (kHz)
L3-L5	156	173	17
L2-L3	163	182	19
L1-L2	171	192	21
L4-L7	173	195	22
L4-L6	205	237	32
L3-L4	223	261	38
L6-L8	230	271	41
L5-L7	259	312	53
L4-L5	277	337	60
L7-L8	285	353	68
L5-L6	323	411	88
L6-L7	357	473	116

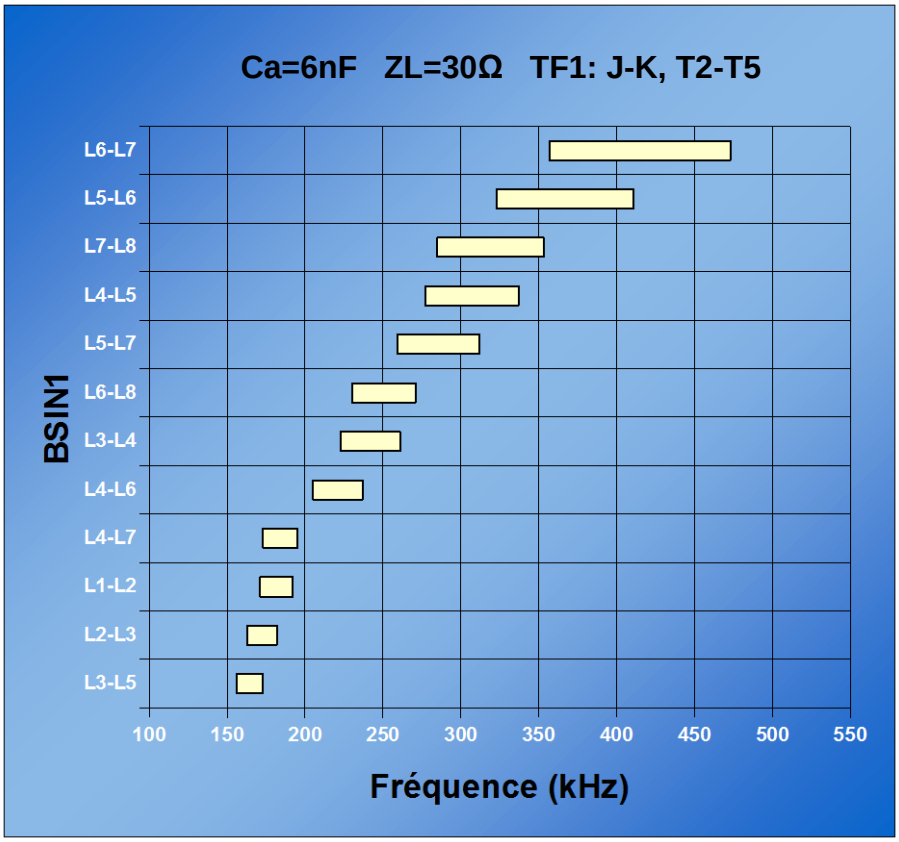


Figure 18 Sélection des prises de la bobine d'accord pour un condensateur de couplage de 6000 pF en fonction de la largeur de bande de couplage utile (impédance de ligne de 30 Ω)

CONNEXION	F1 (kHz)	F2 (kHz)	B (kHz)
L3-L5	134	152	18
L2-L3	141	160	19
L1-L2	148	169	21
L4-L7	149	172	23
L4-L6	178	210	32
L3-L4	193	232	39
L6-L8	198	241	43
L5-L7	224	279	55
L4-L5	240	303	63
L7-L8	246	317	71
L5-L6	280	374	94
L6-L7	308	433	125

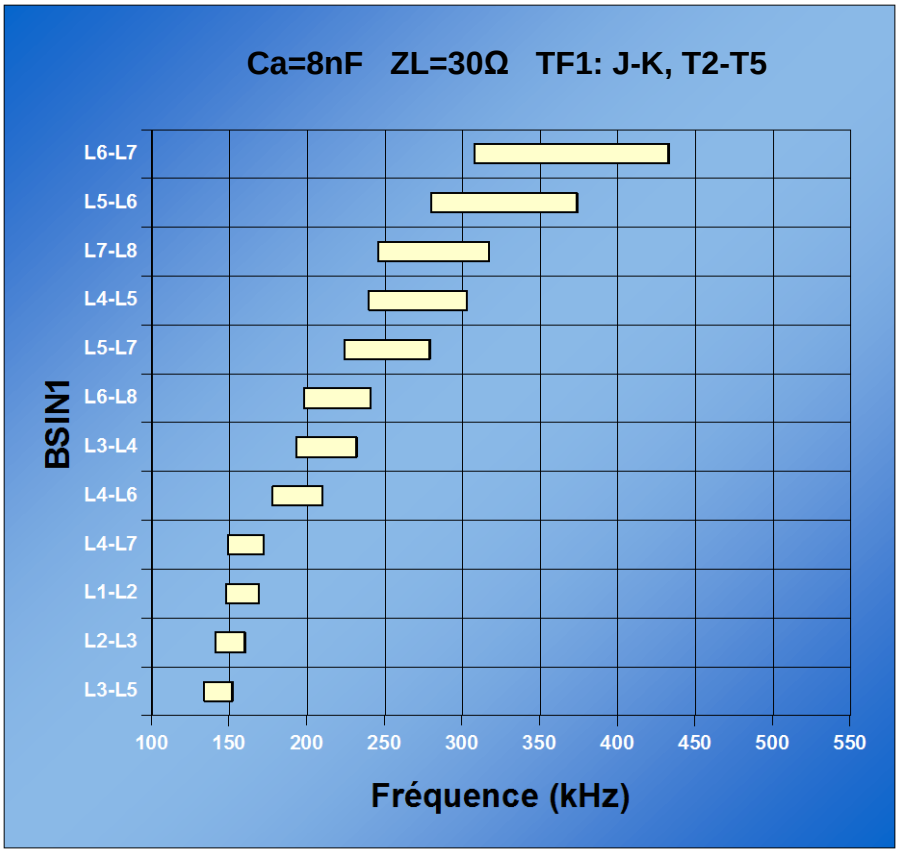


Figure 19 Sélection des prises de la bobine d'accord pour un condensateur de couplage de 8000 pF en fonction de la largeur de bande de couplage utile (impédance de ligne de 30 Ω)

CONNEXION	F1 (kHz)	F2 (kHz)	B (kHz)
L3-L5	119	137	18
L2-L3	126	145	19
L1-L2	132	153	21
L4-L7	133	155	22
L4-L6	158	191	33
L3-L4	172	212	40
L6-L8	176	219	43
L5-L7	199	256	57
L4-L5	213	281	68
L7-L8	218	291	73
L5-L6	248	345	97
L6-L7	273	402	129

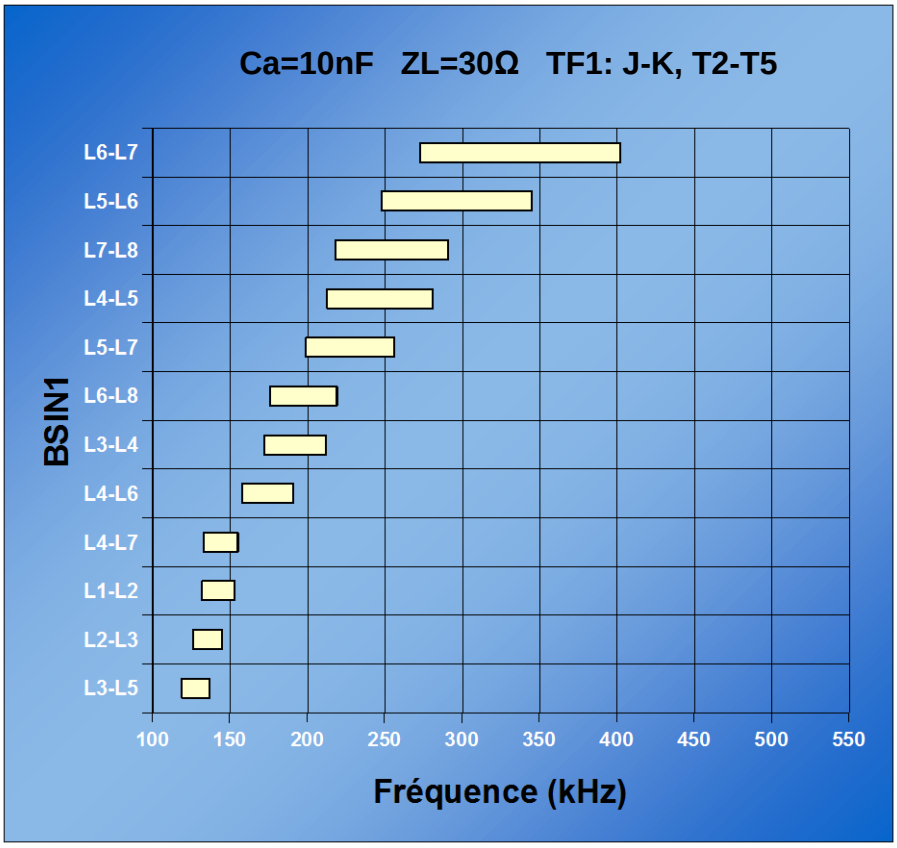


Figure 20 Sélection des prises de la bobine d'accord pour un condensateur de couplage de 10000 pF en fonction de la largeur de bande de couplage utile (impédance de ligne de 30 Ω)

4.2.2 Adaptation d'impédance

L'adaptation d'impédance se réalise en sélectionnant la combinaison de prises du transformateur qui donne la meilleure réponse d'affaiblissement composite. La section 1 de l'appendice A indiqué la façon de mesurer cet affaiblissement.

Un premier réglage consiste à obtenir une tension à l'entrée de l'unité secondaire égale à celle qui est mesurée aux bornes d'une charge résistive de la même valeur que l'impédance nominale.

Dans les couplages phase-phase et triphasés, l'impédance côté ligne sélectionnée au début dans chaque unité est celle qui correspond à un couplage phase-terre, même si après elles doivent être réglés ensembles.

Il est souhaitable de répéter le réglage de l'accord après avoir réalisé l'adaptation d'impédance.

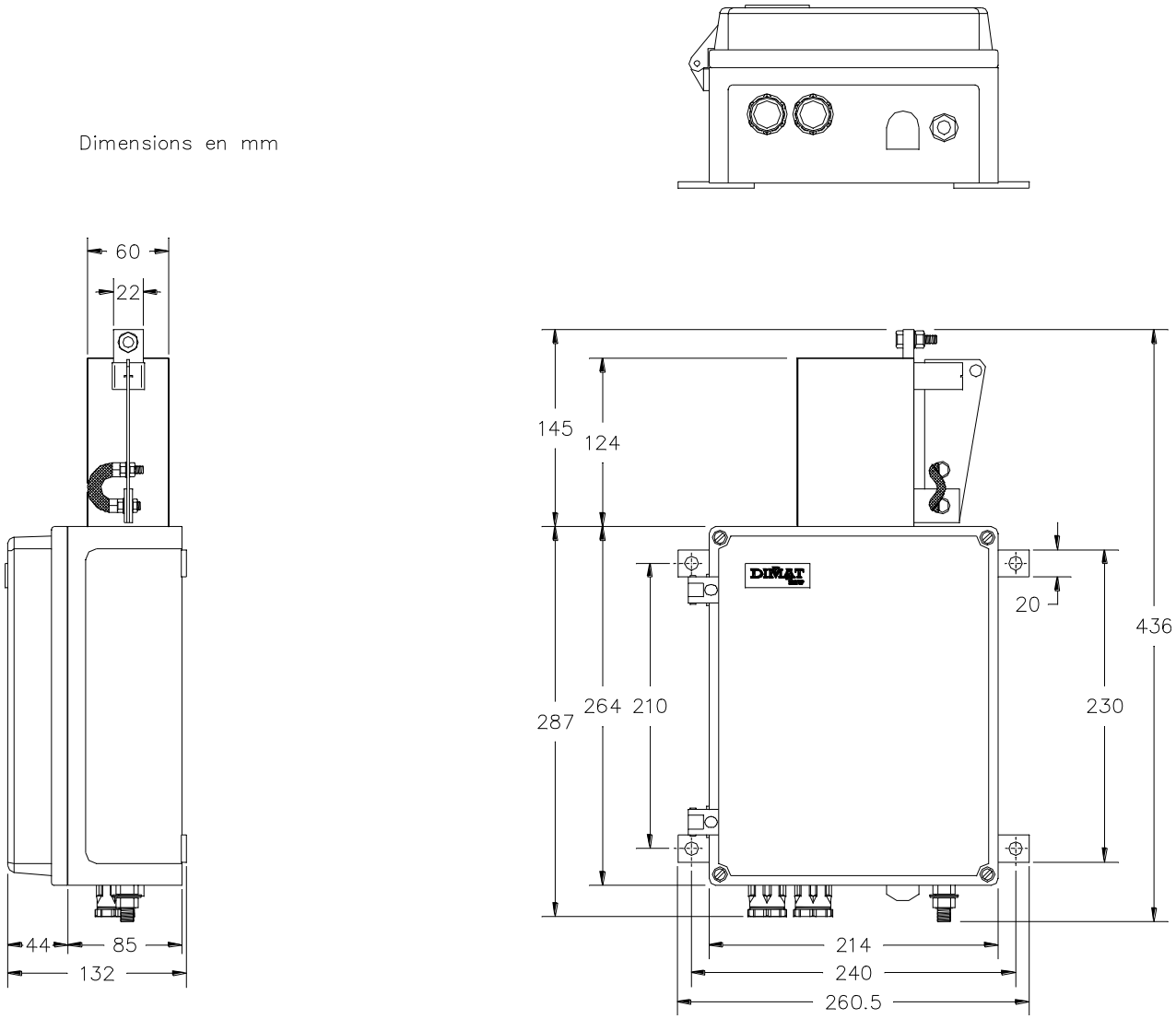


Figure 21 Dimensions générales de l'unité UAM-4 et UAM-4/D

APPENDICE A

MÉTHODE DE MESURE DE L'AFFAIBLISSEMENT COMPOSITE ET D'ADAPTATION

APPENDICE A

MÉTHODE DE MESURE DE L'AFFAIBLISSEMENT COMPOSITE ET D'ADAPTATION

A.1 AFFAIBLISSEMENT COMPOSITE

La façon de réaliser la mesure de l'affaiblissement composite est indiquée sur la figure suivante.

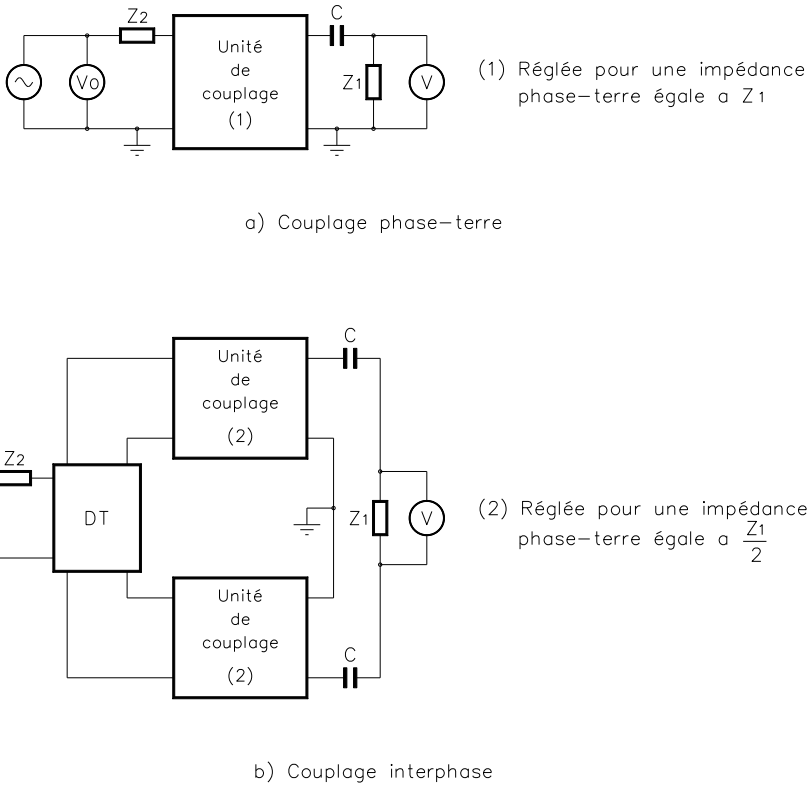


Figure A.1 Mesure de l'affaiblissement composite

L'affaiblissement composite est donné par l'expression:

$$Ac = 20\log V_o/2V + 10\log Z_1/Z_2 \quad (dB)$$

où V_o est la tension à circuit ouvert du générateur avec impédance interne Z_2 et V la tension de sortie aux bornes de l'impédance de ligne Z_1.

Selon la Recommandation 481 du CEI l'affaiblissement composite doit être inférieur à 2 dB dans la bande passante du groupe de couplage.

A.2 AFFAIBLISSEMENT D'ADAPTATION

La façon de réaliser la mesure de l'affaiblissement d'adaptation est indiquée sur la figure suivante.

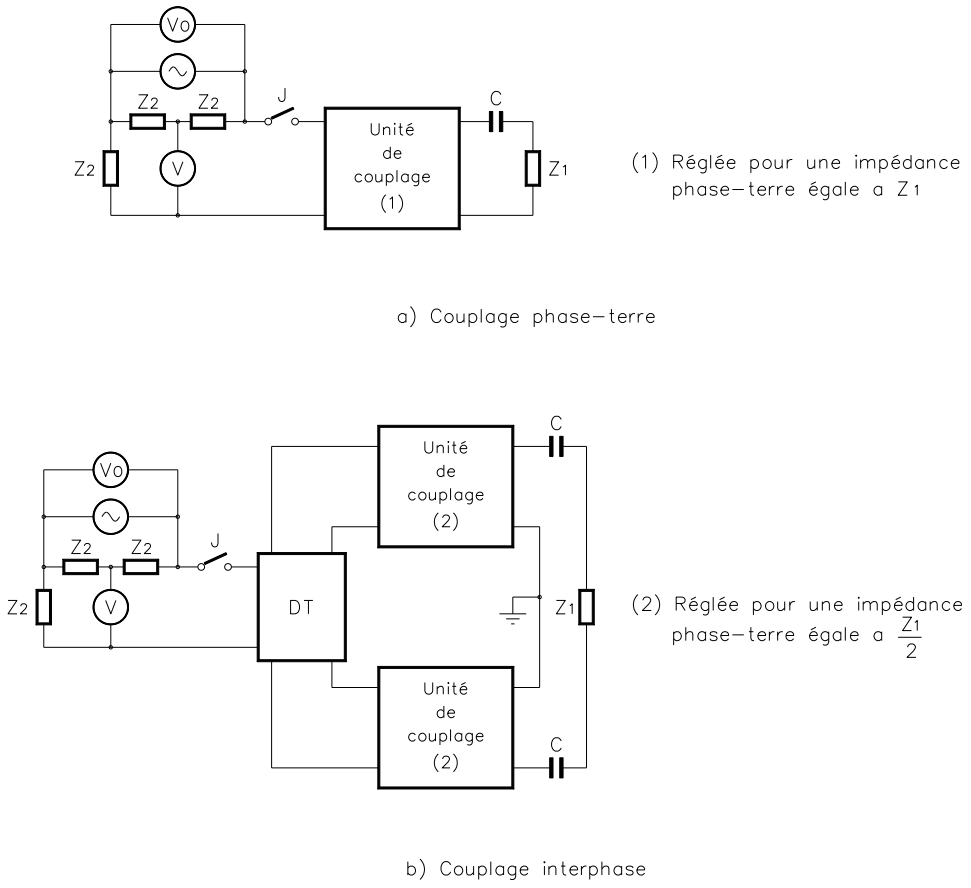


Figure A.2 Mesure de l'affaiblissement d'adaptation

L'affaiblissement d'adaptation est donné par l'expression:

$$A_r = 20\log V_1/V_2 \quad \text{(dB)}$$

où V_1 et V_2 sont les indications du voltmètre quand l'interrupteur J est ouvert et fermé respectivement, maintenant V_0 constant.

Selon la Recommandation 481 du CEI l'affaiblissement d'adaptation doit être meilleur que 12 dB dans la bande passante du groupe de couplage.