

NORME INTERNATIONALE

**Systèmes de communication sur lignes d'énergie pour les applications des
compagnies d'électricité –
Partie 1: Conception des systèmes à courants porteurs de lignes d'énergie
analogiques et numériques fonctionnant sur des réseaux d'électricité HT**

[IEC 62488-1:2025](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iec/066d768e-6e7b-4134-986d-b5cba891623f/iec-62488-1-2025)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iec/066d768e-6e7b-4134-986d-b5cba891623f/iec-62488-1-2025>



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2025 IEC, Geneva, Switzerland

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Secretariat
3, rue de Varembé
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11

info@iec.ch
www.iec.ch

A propos de l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des Normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications IEC

Le contenu technique des publications IEC est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études, ...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et une fois par mois par email.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: sales@iec.ch.

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

Découvrez notre puissant moteur de recherche et consultez gratuitement tous les aperçus des publications, symboles graphiques et le glossaire. Avec un abonnement, vous aurez toujours accès à un contenu à jour adapté à vos besoins.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 500 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 25 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

[IEC 62488-1:2025](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iec/066d768e-6e7b-4134-986d-b5c8a891623f/iec-62488-1-2025)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iec/066d768e-6e7b-4134-986d-b5c8a891623f/iec-62488-1-2025>

Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	6
INTRODUCTION	8
1 Domaine d'application	10
2 Références normatives	10
3 Termes, définitions et abréviations	10
3.1 Termes et définitions	10
3.2 Abréviations	17
4 Systèmes de communication à courant porteur sur ligne d'énergie	18
4.1 Généralités	18
4.2 Lignes d'énergie électrique haute tension	20
4.3 Lignes d'énergie électrique comme support de transmission	21
4.3.1 Système de couplage	21
4.3.2 Configuration de couplage pour lignes aériennes HT	26
4.3.3 Câble de connexion	29
4.4 Systèmes CPL analogiques et numériques	29
4.4.1 Terminaux APLC	29
4.4.2 Terminaux DPLC	30
4.5 Schémas de modulation dans CPL HT	34
4.5.1 Généralités	34
4.5.2 AM-SSB	34
4.5.3 QAM	34
4.5.4 OFDM	35
4.5.5 Autres schémas de modulation	36
4.5.6 Annulation d'écho	37
5 Bandes de fréquences pour systèmes CPL	39
5.1 Généralités	39
5.2 Plans de canaux	39
5.2.1 Généralités	39
5.2.2 Plan de canaux CPL à bande étroite HT	39
5.3 Caractéristiques spectrales des signaux de transmission CPL	40
5.4 Sélection des bandes de fréquences pour systèmes CPL HT	41
5.4.1 Généralités	41
5.4.2 Puissance maximale du signal CPL	41
5.4.3 Disposition des canaux	42
5.4.4 Allocation des fréquences	43
5.4.5 Mise en parallèle	43
6 Supports pour systèmes DPLC et APLC	43
6.1 Généralités	43
6.2 Paramètres de transmission du canal sur ligne d'énergie électrique	43
6.2.1 Généralités	43
6.2.2 Impédance caractéristique de la ligne d'énergie	44
6.2.3 Affaiblissement de la liaison générale	47
6.2.4 Fréquence et réponse impulsionnelle des canaux	57
6.2.5 Bruit et brouillage	58
7 Conception de liaisons et réseaux DPLC et APLC	65
7.1 Généralités	65

7.2	Bilan de liaison APLC.....	67
7.3	Bilan de liaison DPLC	70
7.4	Plan de fréquences.....	75
7.4.1	Généralités	75
7.4.2	Liaisons sur la même ligne HT entre deux postes.....	76
7.4.3	Planification globale des fréquences	77
7.4.4	Autres considérations.....	78
7.5	Conception du réseau	79
7.5.1	Généralités	79
7.5.2	Redondance.....	79
7.5.3	Intégration à d'autres technologies de transmission.....	79
7.6	Cybersécurité.....	80
7.6.1	Généralités	80
7.6.2	IEC 62443.....	80
7.6.3	IEC 62351.....	80
7.6.4	Aspects relatifs à la cybersécurité des systèmes CPL.....	81
7.7	Système de gestion	83
8	Performances des systèmes CPL	83
8.1	Performances du système	83
8.2	Performances de la couche Liaison APLC	84
8.3	Performances de la couche Liaison DPLC.....	86
8.4	Taux d'erreurs sur les bits (TEB).....	86
8.5	Taux d'erreur sur les blocs (BLER).....	87
8.6	Capacité de transmission.....	87
8.7	Perte de synchronisation et temps de récupération	88
8.8	Latence de liaison.....	89
8.9	Paramètres de performance IETF-RFC 2544	89
8.10	Recommandations d'essai TEB et BLER	89
8.10.1	Généralités	89
8.10.2	Interface synchrone série.....	90
8.10.3	Interface Ethernet	90
8.11	Qualité de liaison globale pour la transmission de données série.....	91
9	Exigences choisies pour les applications utilisant des systèmes PLC.....	93
9.1	Généralités	93
9.2	Téléphonie.....	93
9.3	Qualité vocale	94
9.3.1	Généralités	94
9.3.2	Mesure d'intelligibilité (clarté).....	95
9.4	Téléphonie analogique	95
9.5	Téléphonie numérique.....	95
9.6	Applications VoIP	96
9.7	Transmission de données.....	96
9.8	Téléconduite	96
9.8.1	Communication IEC 60870-5-101 SCADA-RTU	96
9.8.2	Communication IEC 60870-5-104 SCADA-RTU	96
9.8.3	Téléprotection	96
9.8.4	Signal de téléprotection	97
Annexe A (informative)	Signal électrique modulé HF	98
A.1	Généralités	98

A.2 Bande passante modulée HF et signal de puissance	102
Annexe B (informative) Rendement de bande passante	106
Annexe C (informative) Mesure du bruit de ligne d'énergie	110
Bibliographie.....	111
Figure 1 – Liaison CPL.....	19
Figure 2 – Structure générale d'une liaison bidirectionnelle point à point APLC, DPLC ou ADPLC (en configuration phase-terre).....	19
Figure 3 – Structure générale d'une liaison bidirectionnelle point à multipoint APLC, DPLC ou ADPLC (en configuration phase-terre)	20
Figure 4 – Condensateur de couplage classique HT.....	22
Figure 5 – Exemple de système de couplage capacitif classique HT (conducteur monophasé à la terre).....	22
Figure 6 – Schéma électrique d'un circuit-bouchon	23
Figure 7 – Circuit-bouchon HT	23
Figure 8 – Impédance du circuit-bouchon en fonction de la fréquence.....	23
Figure 9 – Caractéristique d'impédance de blocage d'un circuit-bouchon à bande étroite	24
Figure 10 – Caractéristique d'impédance de blocage d'un circuit-bouchon à double bande.....	24
Figure 11 – Caractéristique d'impédance de blocage d'un circuit-bouchon à bande large	25
Figure 12 – Exemple de composants de dispositif de couplage et de schéma électrique	25
Figure 13 – Caractéristiques du dispositif de couplage avec un condensateur de couplage de 4 000 pF	26
Figure 14 – Couplage phase-terre	27
Figure 15 – Couplage phase-phase	27
Figure 16 – Architecture générique d'un terminal APLC conformément à l'IEC 62488-2	30
Figure 17 – Architecture générique d'un terminal DPLC conformément à l'IEC 62488-3	32
Figure 18 – Structure générique d'un terminal ADPLC.....	33
Figure 19 – Espace des signaux pour une constellation 16-QAM.....	35
Figure 20 – Méthode d'annulation d'écho pour une liaison DPLC.....	38
Figure 21 – Exemple de plan de canaux à bande étroite APLC.....	40
Figure 22 – Écart de fréquence minimal.....	42
Figure 23 – GMR des faisceaux de conducteurs	46
Figure 24 – Réseau de terminaison pour une ligne triphasée	46
Figure 25 – Agencements de couplage optimaux et perte de conversion modale a_c	51
Figure 26 – Agencements de couplage phase-terre et phase-phase optimaux pour les longues lignes avec transpositions	52
Figure 27 – Jonctions de lignes aériennes à des câbles d'alimentation	55
Figure 28 – Exemple de réponse de canal HT $H(f)$ et $h(t)$	58
Figure 29 – Affaiblissement en fonction de la fréquence d'un canal sur ligne d'énergie HT réel.....	58
Figure 30 – Bruit de fond.....	60
Figure 31 – Bruit de fond en fonction de la fréquence.....	61
Figure 32 – Exemple de variations du spectre de bruit de fond en fonction du temps.....	61

Figure 33 – Exemple d'impulsion isolée	62
Figure 34 – Exemple d'impulsion transitoire	62
Figure 35 – Exemple d'impulsions périodiques nettes synchrones	63
Figure 36 – Exemple de salves d'impulsions	63
Figure 37 – Topologies de réseau CPL types sur des liaisons APLC, DPLC ou ADPLC dans le réseau d'alimentation HT	66
Figure 38 – Exemple d'une configuration de signal dans deux canaux de 4 kHz.....	68
Figure 39 – Exemple de configuration de canal DPLC.	72
Figure 40 – Rendement de bande passante DPLC type pour un TEB de 10^{-6}	73
Figure 41 – Exemple de plages de tensions de ligne HT dans des conditions considérées	74
Figure 42 – Exemple pour un système DPLC avec adaptation automatique du débit de données	75
Figure 43 – Exemple de planification des fréquences basée sur le regroupement des canaux de fréquences cellulaires.	78
Figure 44 – Limites de perte totale du circuit par rapport à celle à 1 020 Hz (Recommandation M.1020 de l'UIT-T)	85
Figure 45 – Limites pour le temps de propagation de groupe par rapport au temps de propagation de groupe minimal mesuré dans la bande de 500 Hz à 2 800 Hz (Recommandation M.1020 de l'UIT-T)	86
Figure 46 – Quelques courbes de TEB théoriques	87
Figure 47 – Caractéristique "C/SNR" DPLC comparée au rendement limite de Shannon pour un TEB = $11E-4$ et $1E-6$ et limite de Shannon	88
Figure 48 – Structure normale Ethernet du format des trames.....	90
Figure 49 – Exemple de détermination d'indisponibilité (Recommandation G.826 de l'UIT-T)	92
Figure 50 – Exemple de l'état indisponible d'un trajet bidirectionnel (Recommandation G.826 de l'UIT-T)	92
Figure 51 – Estimation de qualité de performance basée sur les Recommandations G.821 et G.826 de l'UIT-T.....	92
Figure 52 – Relation entre clarté, retard et écho concernant la qualité vocale	94
Figure A.1 – Concepts de puissance	98
Figure A.2 – Tonalité unique.....	100
Figure A.3 – Deux tonalités	101
Figure A.4 – Exemple de bandes équivalentes de bruit pour différents services	102
Figure A.5 – Bande équivalente de bruit pour différents services.....	103
Figure B.1 – Constellation 8-MIA.....	106
Figure B.2 – Intervalle de SNR de rendement DPLC à la limite de Shannon	109
Figure B.3 – Rendement DPLC pour TEB = 10^{-4} et 10^{-6} et limite de Shannon.....	109
Tableau 1 – Caractéristiques des schémas de modulation DPLC classiques.....	36
Tableau 2 – Caractéristiques des schémas de modulation DPLC QAM à porteuse unique et à plusieurs porteuses	37
Tableau 3 – Techniques et fréquences de communication par courant porteur sur ligne d'énergie	39
Tableau 4 – Spectre HF alloué aux systèmes CPL	40

Tableau 5 – Plage des impédances caractéristiques des circuits CPL sur lignes aériennes HT	47
Tableau 6 – Perte supplémentaire a_{sup} [dB] pour différentes configurations de ligne et agencements de couplage optimaux.....	54
Tableau 7 – Valeur type des niveaux de puissance de bruit d'effet de couronne, rapportée à une bande passante de 4 kHz pour diverses tensions de systèmes HT.....	60
Tableau 8 – Niveaux moyens types pour le bruit de type impulsionnel, mesurés côté câble HF du couplage aux bornes de 150 Ω dans une bande passante de 4 kHz.....	64
Tableau 9 – Paramètres des signaux.....	69
Tableau 10 – Bilan de liaison.....	69
Tableau 11 – Niveaux de signal et de bruit admissibles à l'entrée du récepteur	70
Tableau 12 – Solutions possibles pour l'exemple de la Figure 39	72
Tableau 13 – Principales menaces de cyber sécurité et principaux risques de sécurité auxquels sont confrontés les systèmes CPL.....	83
Tableau 14 – Objectifs du masque de qualité (échantillon).....	93

iTeh Standards (<https://standards.iteh.ai>) Document Preview

[IEC 62488-1:2025](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iec/066d768e-6e7b-4134-986d-b5cba891623f/iec-62488-1-2025)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iec/066d768e-6e7b-4134-986d-b5cba891623f/iec-62488-1-2025>