

5.3.5	Mesure des distances d'isolement et des lignes de fuite	79
5.3.6	Rigidité diélectrique	79
5.3.7	Résistance à la corrosion	79
5.3.8	Résistance mécanique à des températures inférieures	80
5.3.9	Essai de cycle thermique (IEC 60068-2-14:2009, Essai Nb).....	80
5.3.10	Essai de chaleur humide.....	81
5.3.11	Essai de résistance aux intempéries	81
5.3.12	Classe d'inflammabilité	82
5.3.13	Essai à la bille	82
5.3.14	Essai au fil incandescent	82
5.3.15	Résistance au vieillissement.....	82
5.3.16	Essai de courant de fuite en milieu humide	82
5.3.17	Essai humidité-gel	83
5.3.18	Essai thermique de la diode de dérivation.....	84
5.3.19	Essai des extrémités et méthodes de connexion	85
5.3.20	Entrées (sorties) d'une ouverture défonçable destinées à être retirées par impact mécanique.....	85
5.3.21	Essai du serre-cordon.....	86
5.3.22	Maintien sur la surface de montage	88
5.3.23	Essai de courant inverse au niveau de la boîte de jonction	88
5.4	Programme d'essai	89
Annexe A (informative) Symbole "Ne pas débrancher sous charge"		100
Annexe B (normative) Qualification des revêtements enrobants pour la protection contre la pollution		101
B.1	Généralités	101
B.2	Propriétés techniques	101
B.3	Qualification des revêtements	101
Annexe C (normative) Mesurage des distances d'isolement et des lignes de fuite.....		104
Bibliographie.....		108
Figure 1 – Essai de cycle thermique – Température et profil de courant appliqué		95
Figure 2 – Cycle humidité-gel		95
Figure 3 – Exemple de montage d'essai de traction du serre-câble		96
Figure 4 – Exemple de montage d'essai de torsion		96
Figure 5 – Exemple de montage d'essai d'inflammabilité conformément à 5.3.12.2.....		97
Figure 6 – Mesurage de la chute de tension.....		97
Figure 7 – Essai thermique de la diode de dérivation		98
Figure 8 – Fixation appropriée d'une masse de 5 N à la boîte de jonction		99
Figure A.1 – Symbole "NE PAS DÉBRANCHER SOUS CHARGE"		100
Figure A.2 – Symbole "NE PAS DÉBRANCHER SOUS CHARGE" (IEC 60417- 6070:2011-06)		100
Figure C.1 – Exemples de méthodes de mesurage des distances d'isolement et lignes de fuite		107
Tableau 1 – Type d'isolation exigé.....		71
Tableau 2 – Tensions de choc assignées et distances d'isolement minimales.....		72
Tableau 3 – Lignes de fuite pour l'isolation principale		73

Tableau 4 – Nombre d'éprouvettes	76
Tableau 5 – Valeurs des couples pour les organes de serrage à vis	77
Tableau 6 – Forces de traction du serre-cordon	87
Tableau 7 – Valeurs de l'essai de torsion.....	87
Tableau 8 – Marquage, informations, documentation, groupe d'essais A.....	89
Tableau 9 – Essai de matériau, groupe d'essais B (essais uniques)	90
Tableau 10 – Exigences de construction, groupe d'essais C (essais uniques).....	91
Tableau 11 – Essais mécaniques, groupe d'essais D (essais uniques)	91
Tableau 12 – Séquence d'essais I, groupe d'essais E (essais à réaliser successivement dans cet ordre).....	92
Tableau 13 – Séquence d'essais II, groupe d'essais F (essais à réaliser successivement dans cet ordre).....	93
Tableau 14 – Séquence d'essais III, groupe d'essais G (essais à réaliser successivement dans cet ordre).....	93
Tableau 15 – Séquence d'essais IV, groupe d'essais H (essais à réaliser successivement dans cet ordre).....	94
Tableau 16 – Essai de courant inverse, groupe d'essais I	94
Tableau 17 – Séquence d'essais V, groupe d'essais J (essais à réaliser successivement dans cet ordre).....	94
Tableau B.1 – Paramètres d'essai, conditions d'essai et procédures d'essai.....	102
Tableau B.2 – Séquence d'essais et vérification de la conformité (essais à réaliser successivement dans cet ordre).....	103
Tableau C.1 – Dimensions de X	104

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**BOÎTES DE JONCTION POUR MODULES PHOTOVOLTAÏQUES –
EXIGENCES DE SÉCURITÉ ET ESSAIS**

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. À cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 62790 a été établie par le comité d'études 82 de l'IEC: Systèmes de conversion photovoltaïque de l'énergie solaire.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 2014. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- a) Modifications des références normatives et des termes et définitions;
- b) Amélioration de la catégorisation des boîtes de jonction en 4.1;
- c) Clarification de la température ambiante en 4.1;
- d) Ajout de l'exigence prévoyant de fournir les indices RTE/RTI ou IT en 4.2;
- e) Référence à l'IEC 62930 à la place de la référence à l'EN 50618 en 4.6;

- f) Ajout de "l'isolation fonctionnelle" dans le Tableau 1;
- g) Ajout de "ligne de fuite entre les bords du joint scellé" dans le Tableau 3;
- h) Correction de la procédure du processus de catégorisation des groupes de matériaux (suppression de l'ITC) au 4.15.2.3;
- i) Exigence d'approbation des indices RTE/RTI ou IT pour les parties isolantes en 4.16.1 et 4.16.2;
- j) Modification des exigences concernant le potentiel électrochimique en 4.17.2;
- k) Clarification des essais de vérification du code IP au 5.3.4.2;
- l) Ajout de la tension d'essai pour les joints scellés en 5.3.6 et 5.3.16;
- m) Ajout de la description détaillée sur la façon de préparer les éprouvettes pour l'essai de cycle thermique en 5.3.9.1;
- n) Nouvelle procédure d'essai pour l'essai thermique la diode de dérivation (5.3.18) conformément au MQT 18.1 de l'IEC 61215-2: 2016;
- o) Nouvelle procédure d'essai pour l'essai de courant de surcharge inverse au 5.3.23;
- p) Nouvelle Figure 1 pour l'essai de cycle thermique.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
82/1719/FDIS	82/1738/RVD

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette Norme internationale.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

IMPORTANT – Le logo "*colour inside*" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

BOÎTES DE JONCTION POUR MODULES PHOTOVOLTAÏQUES – EXIGENCES DE SÉCURITÉ ET ESSAIS

1 Domaine d'application

Le présent document décrit les exigences de sécurité, les exigences de construction et les essais relatifs aux boîtes de jonction jusqu'à 1 500 V en courant continu utilisées sur des modules photovoltaïques conformes à la classe II de l'IEC 61140:2016.

Le présent document s'applique également aux enveloppes montées sur des modules photovoltaïques comportant des circuits électroniques pour la conversion, le contrôle, la surveillance ou opérations similaires. Des exigences supplémentaires concernant les opérations correspondantes sont appliquées en considérant les conditions d'environnement des modules photovoltaïques. Le présent document ne s'applique pas aux circuits électroniques de ces dispositifs pour lesquels d'autres normes IEC s'appliquent.

NOTE Pour les boîtes de jonction conformes aux classes 0 et III de l'IEC 61140:2016 dans les systèmes photovoltaïques, le présent document peut être utilisé en référence.

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60060-1, *Technique des essais à haute tension – Partie 1: Définitions et exigences générales*

IEC 60068-1, *Essais d'environnement – Partie 1: Généralités et lignes directrices*

IEC 60068-2-14:2009, *Essais d'environnement – Partie 2-14: Essais – Essai N: Variation de température*

IEC 60068-2-70, *Essais d'environnement – Partie 2-70: Essais – Essai Xb: Effacement des marquages et inscriptions par friction des doigts et des mains*

IEC 60068-2-75, *Essais d'environnement – Partie 2-75: Essais – Essai Eh: Essais au marteau*

IEC 60068-2-78, *Essais d'environnement – Partie 2-78: Essais – Essai Cab: Chaleur humide, essai continu*

IEC 60216-1, *Matériaux isolants électriques – Propriétés d'endurance thermique – Partie 1: Méthodes de vieillissement et évaluation des résultats d'essai*

IEC 60216-5, *Matériaux isolants électriques – Propriétés d'endurance thermique – Partie 5: Détermination de l'indice d'endurance thermique relatif (RTE) d'un matériau isolant*

IEC 60352-2, *Connexions sans soudure – Partie 2: Connexions serties – Exigences générales, méthodes d'essai et guide pratique*

IEC 60352-3, *Connexions sans soudure – Partie 3: Connexions autodénudantes accessibles sans soudure – Règles générales, méthodes d'essai et guide pratique*

IEC 60352-4, *Connexions sans soudure – Partie 4: Connexions autodénudantes non accessibles sans soudure – Règles générales, méthodes d'essai et guide pratique*

IEC 60352-5, *Connexions sans soudure – Partie 5: Connexions insérées à force – Exigences générales, méthodes d'essai et guide pratique*

IEC 60352-6, *Connexions sans soudure – Partie 6: Connexions à percement d'isolant – Règles générales, méthodes d'essai et guide pratique*

IEC 60352-7, *Connexions sans soudure – Partie 7: Connexions à ressort – Règles générales, méthodes d'essai et guide pratique*

IEC 60529, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (code IP)*

IEC 60664-1:2007, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 1: Principes, exigences et essais*

IEC 60695-2-11, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 2-11: Essais au fil incandescent / chauffant – Méthode d'essai d'inflammabilité pour produits finis (GWEPT)*

IEC 60695-10-2, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 10-2: Chaleurs anormales – Essai à la bille*

IEC 60695-11-10, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 11-10: Flammes d'essai – Méthodes d'essai horizontal et vertical à la flamme de 50 W*

IEC 60695-11-20, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 11-20: Flammes d'essai – Méthodes d'essai à la flamme de 500 W*

IEC 60947-7-1, *Appareillage à basse tension – Partie 7-1: Matériels accessoires – Blocs de jonction pour conducteurs en cuivre*

IEC 60998-2-3, *Dispositifs de connexion pour circuits basse tension pour usage domestique et analogue – Partie 2-3: Règles particulières pour dispositifs de connexion en tant que parties séparées avec organes de serrage à perçage d'isolant*

IEC 60999-1:1999, *Dispositifs de connexion – Conducteurs électriques en cuivre – Prescriptions de sécurité pour organes de serrage à vis et sans vis – Partie 1: Prescriptions générales et particulières pour les organes de serrage pour les conducteurs de 0,2 mm² à 35 mm² (inclus)*

IEC 60999-2, *Dispositifs de connexion – Conducteurs électriques en cuivre – Prescriptions de sécurité pour organes de serrage à vis et sans vis – Partie 2: Prescriptions particulières pour les organes de serrage pour conducteurs au-dessus de 35 mm² et jusqu'à 300 mm² (inclus)*

IEC 61032, *Protection des personnes et des matériels par les enveloppes – Calibres d'essai pour la vérification*

IEC 61140:2016, *Protection contre les chocs électriques – Aspects communs aux installations et aux matériels*

IEC 61191-1, *Ensembles de cartes imprimées – Partie 1: Spécification générique – Exigences relatives aux ensembles électriques et électroniques brasés utilisant les techniques de montage en surface et associées*

IEC 61210, *Dispositifs de connexion – Bornes plates à connexion rapide pour conducteurs électriques en cuivre – Exigences de sécurité*

IEC 61215-1:2016, *Modules photovoltaïques (PV) pour applications terrestres – Qualification de la conception et homologation – Partie 1: Exigences d'essai*

IEC 61215-2:2016, *Modules photovoltaïques (PV) pour applications terrestres – Qualification de la conception et homologation – Partie 2: Procédures d'essai*

IEC 61730-1:2016, *Qualification pour la sûreté de fonctionnement des modules photovoltaïques (PV) – Partie 1: Exigences pour la construction*

IEC 62852, *Connecteurs pour applications en courant continu pour systèmes photovoltaïques – Exigences de sécurité et essais*

IEC 62930, *Electric cables for photovoltaic systems with a voltage rating of 1,5 kV DC* (disponible en anglais seulement)

ISO 868:2003, *Plastiques et ébonite – Détermination de la dureté par pénétration au moyen d'un duromètre (dureté Shore)*

ISO 4892-2, *Plastiques – Méthodes d'exposition à des sources lumineuses de laboratoire – Partie 2: Lampes à arc au Xénon*

ISO 4892-3, *Plastiques – Méthodes d'exposition à des sources lumineuses de laboratoire – Partie 3: Lampes fluorescentes UV*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'IEC TS 61836 ainsi que les suivants s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>

3.1

boîte de jonction de module

assemblage de composants, tels que des boîtes, capots, plaques de couverture, couvercles, extensions de boîte, accessoires, etc., assurant, après assemblage et installation sur le module photovoltaïque en usage normal, un degré approprié de protection contre les influences externes et un degré défini de protection contre les contacts avec les parties actives enfermées dans toutes les directions accessibles

3.1.1

boîte de jonction pour réouverture

boîte de jonction qui peut être ouverte à tout moment

Note 1 à l'article: Elle peut contenir des connexions démontables et non démontables.

3.1.1.1

boîte de jonction pour câblage en usine

boîte de jonction qui est fixée et connectée au module PV dans des conditions contrôlées, en général chez le fabricant

3.1.1.2

boîte de jonction pour câblage sur site

boîte de jonction contenant des câblages destinés à être réalisés sur site

3.1.2

boîte de jonction, non destinée à la réouverture

boîte de jonction qui ne peut pas être ouverte après son montage dans l'application finale

3.2

presse-étoupe

dispositif permettant l'introduction d'un ou plusieurs câbles électriques dans la boîte de jonction tout en maintenant le mode de protection appliqué

[SOURCE: IEC 60050-426:2008, 426-04-18, modifié – " et/ou optiques" a été supprimé et "un matériel électrique" a été remplacé par "la boîte de jonction".]

3.3

étanchéité

méthode assurant l'aptitude d'un composant à résister à la pénétration d'agents atmosphériques polluants

[SOURCE: IEC 60050-581:2008, 581-23-16]

3.4

serre-câble

capacité à limiter le déplacement d'un câble flexible contre les forces de traction et pression et les torsions

3.5

connecteur pour systèmes photovoltaïques

connecteur PV

composant adapté aux systèmes photovoltaïques, placé à l'extrémité de conducteurs afin de permettre de réaliser leur connexion ou déconnexion avec un autre composant approprié

3.6

utilisation prévue

utilisation d'une boîte de jonction conformément aux informations d'utilisation données par le fabricant

[SOURCE: IEC 60050-903:2013, 903-01-13, modifié – "un produit, procédé ou service" a été remplacé par "une boîte de jonction" et "fournisseur" a été remplacé par "fabricant".]

3.7

organe de serrage

partie(s) de la borne nécessaire(s) pour le serrage mécanique et la connexion électrique du (des) conducteur(s), y compris les parties qui sont nécessaires pour assurer une pression de contact correcte

3.8

distance d'isolement

distance d'isolement dans l'air

distance la plus courte dans l'air entre deux parties conductrices

[SOURCE: IEC 60050-426:2008, 426-04-12, modifié – La note a été supprimée.]

3.9

ligne de fuite

distance la plus courte, le long de la surface d'un matériau isolant, entre deux parties conductrices

[SOURCE: 60050-151:2001, 151-15-50, modifié – "isolant solide" a été remplacé par "matériau isolant".]

3.10

catégorie de surtension

chiffre définissant une condition de surtension transitoire

[SOURCE: IEC 60050-581:2008, 581-21-02]

3.11

pollution

tout apport de matériau étranger solide, liquide ou gazeux (gaz ionisés), qui peut entraîner une réduction de la rigidité diélectrique ou de la résistivité de la surface de l'isolation

[SOURCE: IEC 60050-442:1998, 442-01-28, modifié – Modification du libellé et suppression de la note.]

3.12

degré de pollution

chiffre caractérisant la pollution prévue du micro-environnement

[SOURCE: IEC 60050-581:2008, 581-21-07]

3.13

tension assignée

valeur de la tension, fixée par le fabricant pour la boîte de jonction et à laquelle on se réfère pour le fonctionnement et pour les caractéristiques fonctionnelles

Note 1 à l'article: La tension assignée est équivalente à la tension assignée du système définie dans l'IEC 61730-1.

[SOURCE: IEC 60664-1:2007, 3.9 modifié – "à un composant, à un dispositif ou à un matériel" a été remplacé par "pour la boîte de jonction" et la note a été remplacée par la Note 1 à l'article.]

3.14

tension assignée d'isolement

valeur efficace de la tension de tenue fixée par le fabricant pour la boîte de jonction, caractérisant la capacité de tenue spécifiée (à long terme) de son isolation

Note 1 à l'article: La tension assignée d'isolement n'est pas nécessairement égale à la tension assignée, qui est principalement liée aux performances fonctionnelles.

[SOURCE: IEC 60664-1:2007, 3.9.1, modifié – "aux matériels ou à une partie d'entre eux" a été remplacé par "pour la boîte de jonction".]

3.15

tension de choc assignée

valeur de tension de tenue aux chocs fixée par le fabricant pour la boîte de jonction, caractérisant la capacité de tenue spécifiée de son isolation contre les surtensions transitoires

[SOURCE: IEC 60664-1:2007, 3.9.2, modifié – "aux matériels ou à une partie d'entre eux" a été remplacé par "pour la boîte de jonction".]

3.16**tension de tenue aux chocs**

valeur de crête la plus élevée de la tension de choc, de forme et de polarité spécifiées, qui ne provoque pas de claquage de l'isolation dans des conditions spécifiées

Note 1 à l'article: La tension de tenue aux chocs est supérieure ou égale à la tension de choc assignée.

[SOURCE: IEC 60664-1:2007, 3.8.1, modifié – La Note 1 à l'article a été ajoutée.]

3.17**tension de tenue en valeur efficace**

valeur efficace la plus élevée d'une tension qui ne provoque pas de claquage de l'isolation dans des conditions spécifiées

[SOURCE: IEC 60664-1:2007, 3.8.2]

3.18**courant****3.18.1****courant assigné**

valeur de courant fixée par le fabricant, que la boîte de jonction peut supporter en continu (sans interruption) et simultanément sur tous ses contacts et diodes de dérivation, le cas échéant, câblés avec le conducteur ayant la section la plus grande spécifiée, à la température ambiante maximale, sans dépasser les limites supérieures de température

3.18.2**courant inverse** **I_{REV}**

valeur de courant fixée par le fabricant, que la boîte de jonction peut supporter à la température ambiante maximale, sans provoquer de situation dangereuse

Note 1 à l'article: Le courant inverse est comparable au courant d'essai inverse du module photovoltaïque (voir IEC 61730-2).

3.19**isolation fonctionnelle**

isolation entre parties conductrices qui est uniquement nécessaire au bon fonctionnement du matériel

[SOURCE: IEC 60664-1:2007, 3.17.1]

3.20**isolation principale**

isolation appliquée aux parties actives pour assurer la protection principale contre les chocs électriques

Note 1 à l'article: Cette notion n'est pas applicable à l'isolation utilisée exclusivement à des fins fonctionnelles.

[SOURCE: IEC 61140:2016, 3.10.1, modifié – "isolation des parties actives dangereuses qui assure" a été remplacé par "isolation appliquée aux parties actives pour assurer" et "contre les chocs électriques" a été ajouté.]

3.21**isolation supplémentaire**

isolation indépendante prévue, en plus de l'isolation principale, en vue d'assurer une protection contre les chocs électriques en cas de défaut de l'isolation principale