

Il est crucial pour les systèmes d'alimentation de secours de fonctionner après un événement catastrophique tel qu'un ouragan, une tornade, un tremblement de terre, voire une attaque terroriste. Les installations aux besoins critiques comme les hôpitaux, la police, les pompiers, les hébergements d'urgence, les centrales électriques, les aéroports, les installations gouvernementales, les centres de communication et d'opérations, nécessitent en particulier des systèmes d'alimentation de secours spécialement conçus pour résister aux chocs physiques ainsi qu'aux accélérations multiaxes typiques de ces événements perturbateurs. Les normes de construction et les codes applicables aux systèmes électriques et mécaniques ont évolué au cours des dernières décennies.

La dernière édition des normes de construction figure dans le Code international du bâtiment (International Building Code, IBC) qui définit les exigences relatives aux structures et systèmes exogènes y compris les systèmes d'alimentation de secours. En Europe, l'EUROCODE (EN 1990) définit les mêmes exigences pour les normes de construction et des équipements en matière de risques sismiques. L'objectif de ce document est de familiariser les propriétaires immobiliers et les prescripteurs de systèmes d'alimentation avec les dispositions de la conception parasismique de l'IBC et d'expliquer comment ces dispositions s'inscrivent dans l'apparence et l'installation des systèmes d'alimentation de secours dans les structures aux besoins critiques.

International Building Code

La première version de l'IBC a été publiée en 2000 par l'International Code Council (ICC). Même si l'IBC traite en grande partie de la sécurité des personnes et la protection contre l'incendie des bâtiments et structures, il aborde également les exigences de conception parasismique pour les bâtiments comme pour les systèmes connexes aux immeubles tels que les équipements électriques. L'IBC est mis à jour tous les trois ans et recense toutes les normes publiées par plusieurs sources comme les exigences de conception définies à l'initiative de l'American Society of Civil Engineers (ASCE 7-05) dans sa publication « Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures ».

Bien qu'il se targue d'un label « international », actuellement l'IBC répertorie essentiellement les normes de construction en vigueur aux États-Unis où les états et de nombreuses autorités locales ont adopté une version de l'IBC.

Dans toutes ces versions du code, les équipements essentiels, parmi lesquels les systèmes d'alimentation d'urgence, doivent être certifiés pour répondre aux mêmes normes de sismicité que le bâtiment dans lequel ils sont installés. En règle générale, chaque structure aux besoins critiques doit être conforme aux exigences parasismiques du lieu dans lequel elle se trouve conformément aux données géologiques en matière d'accélération du sol.

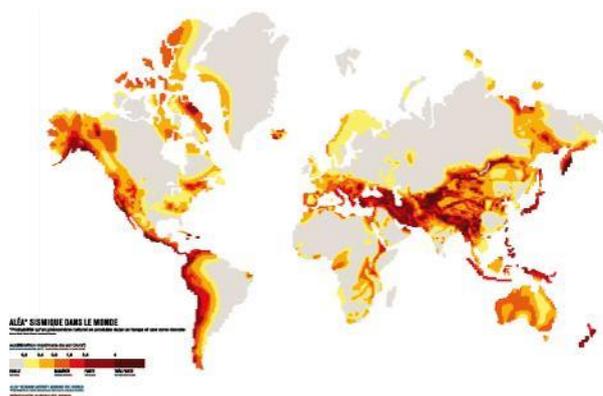


Figure 1 : illustration des zones les plus exposées aux tremblements de terre dans le monde.

Bien que les mouvements sismiques soient généralement associés aux tremblements de terre, on remarque que le même type d'accélération multi-axiales se produit en présence de tornades, d'ouragans, voire lors d'explosions. L'IBC et ses références à la norme ASCE 7 définissent les normes de conception des systèmes d'alimentation pour qu'ils supportent les phénomènes sismiques. Lors du processus de certification d'un équipement par des essais sur table vibrante, les procédures sont clarifiées par l'ICC dans le cadre de l'ICC-ES 156 (Critères d'acceptation en matière d'essai sur table vibrante pour la qualification parasismique de composants et de systèmes non structurels). Outre les essais sur table vibrante, les fabricants peuvent certifier leurs systèmes par le biais de modèles mathématiques utilisant des programmes informatiques et des normes d'ingénierie éprouvées décrites dans l'ASCE 7.

Principes de base de la force

Un système d'alimentation d'urgence type se compose d'une base – un moteur, d'un alternateur, d'un réservoir de carburant, d'un commutateur de transfert, de commandes et de systèmes connexes de ventilation et de refroidissement du moteur –. Même si le groupe électrogène est en lui-même un appareil robuste, il compte quelques pièces plus vulnérables et souvent négligées telles que les raccordements de base, le réservoir de carburant et les autres raccordements (d'échappement et électriques). Lors d'un phénomène sismique ou similaire, la terre et les structures construites par l'homme ne se contentent pas de bouger ; elles oscillent souvent dans de multiples axes. Ce mouvement est souvent violent et soumet les structures et les autres systèmes à une accélération et une décélération rapides à une fréquence d'oscillation généralement inférieure à 5 Hz (cycles par seconde).

Toute structure ou objet capable de se déplacer dans l'espace a une fréquence naturelle à laquelle il continue d'osciller une fois en mouvement, même si certaines forces amortissent son mouvement.

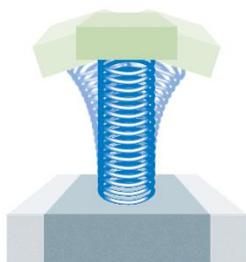


Figure 2 : Modèle d'un système de résonance simple.

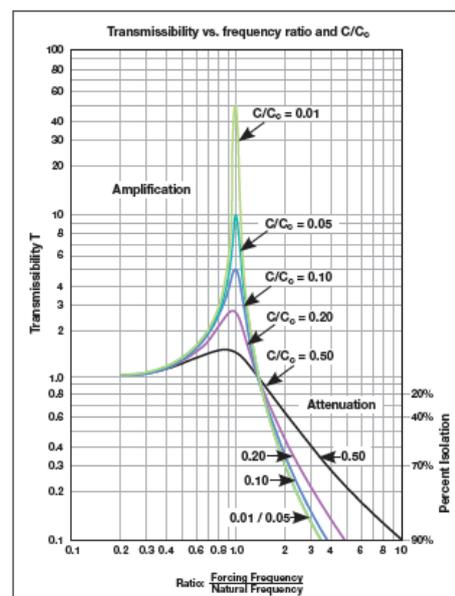


Figure 3 : Transmissibilité et fréquences de résonance multiples

Prenons l'exemple d'un ressort et du poids (voir Figure 2). Une fois en mouvement, le ressort continue d'osciller à sa fréquence naturelle jusqu'à ce que les forces de frottement amortissent son mouvement et épuisent l'énergie. Dans le cas des structures, le mouvement est amorti par frottement de glissement au niveau des joints structuraux, des pertes par hystérésis ou par le type de sol sur lequel la structure est érigée.

Par ailleurs, si la fréquence naturelle d'une structure égale ou avoisine la fréquence des données sismiques et que l'amortissement n'est pas suffisant, les forces supportées par la structure auront tendance à se multiplier avec pour conséquence un bilan désastreux. Ce phénomène s'appelle la transmissibilité (voir Figure 3). Toutefois, lorsque la fréquence naturelle de la structure ou du système est significativement inférieure à la fréquence d'entrée des mouvements sismiques, la quantité d'énergie transférée à la structure/au système est infime et peu ou pas de dommages ne sont à déplorer. De la même manière, lorsque la fréquence naturelle de la structure est significativement supérieure à la fréquence d'entrée des mouvements sismiques, la structure suit simplement la fréquence d'oscillation du mouvement sans l'amplifier.

Certification parasismique pour les systèmes d'alimentation en énergie

L'IBC a défini des normes de conception pour que les structures et les systèmes résistent aux phénomènes sismiques. La Figure 1 illustre la probabilité et la gravité des phénomènes sismiques qui surviennent dans le monde.

Le respect des dispositions de l'IBC en matière de séisme nécessite soit la réalisation d'essais sur table vibrante dans trois directions orthogonales, soit une modélisation mathématique intégrant diverses techniques comme l'analyse par éléments finis afin de définir si le produit peut résister au niveau requis d'activité sismique. En pratique, les fabricants de systèmes d'alimentation certifient leurs produits en combinant des essais sur table vibrante et une analyse par la méthode des éléments finis. Les essais sont réalisés dans un centre reconnu à l'échelle nationale tandis que l'analyse est certifiée par un organisme d'approbation indépendant.

Plusieurs structures réalisent les essais sur table vibrante. Ces essais permettent de vérifier l'intégrité de la conception d'un système d'alimentation. Quant aux résultats des deux tests qu'ils soient ou non concluants, ils permettent d'améliorer la conception. Il n'est pas toujours nécessaire de tester chaque composant individuellement. Par exemple, plusieurs modèles de commutateurs de transferts de construction similaire peuvent être regroupés. Seule la configuration la plus pessimiste (masse, taille et centre de gravité) est alors testée sur la table vibrante. Bien qu'il soit possible de soumettre les groupes électrogènes supérieurs à 300 kW aux essais sur table vibrante, cette pratique reste peu répandue en raison des coûts très élevés et du long délai d'attente pour obtenir une place dans les quelques centres d'essai pouvant les accueillir.

Même si les alternateurs et les moteurs diesel sont des machines robustes généralement insensibles aux mouvements sismiques, une analyse technique est requise pour les plots de fixation, les châssis, les supports de radiateur, les réservoirs de carburant, les armoires ATS, etc. afin de garantir leur conformité avec l'IBC.

En outre, de manière générale, il est établi que les composants d'un groupe électrogène, comme les contrôleurs électroniques et les boîtiers de raccordement, ne peuvent pas être modélisés mathématiquement pour prouver leur résistance aux mouvements sismiques. Ces composants doivent être évalués séparément des autres parties du groupe électrogène dans le cadre d'essais sur table vibrante. Pendant ces essais, le dispositif de fixation de la table doit être semblable à celui par lequel ces composants sont fixés au châssis du groupe électrogène.

Les paramètres de mesure déterminent la capacité de résistance aux mouvements sismiques

Cinq paramètres essentiels sont utilisés pour certifier et définir le niveau sismique d'un équipement. Ils sont généralement mentionnés dans la fiche technique de l'équipement certifié de sorte que les ingénieurs spécialisés puissent utiliser les données afin de vérifier que l'équipement est homologué pour tel ou tel site. Ces mesures concernent les groupes électrogènes, les capots insonorisés, les réservoirs de carburant et les commutateurs de transfert.

SDS – L'IBC mentionne un facteur de « réponse spectrale de l'accélération aux séismes en termes de conception », SDS, qui symbolise les forces d'accélération de base et non modifiées utilisées pour concevoir le système en fonction d'un site d'installation spécifique. Par conséquent, le paramètre SDS s'avère être un paramètre-clé pour la conception de systèmes d'alimentation résistants aux mouvements sismiques pour un site donné. Sa valeur est comprise entre 0 et 2,46. Lorsque le SDS n'excède pas 0,167, aucune certification sismique n'est requise.

Ip – L'IBC intègre un facteur d'« importance » permettant de préciser si le système d'alimentation est installé dans une application critique ou non. Une valeur de 1,5 désigne un système critique tandis qu'une valeur égale à 1,0 désigne un système non critique. Le facteur d'importance des composants, Ip, doit être de 1,5 si l'une des conditions s'applique :

1. le composant doit aider à assurer la sécurité des personnes après un tremblement de terre, ce qui inclut les systèmes d'extinction par pulvérisation d'eau ;
2. le composant contient des matières dangereuses ;

3. le composant fait partie intégrante ou est connexe à une structure dont le taux d'occupation est de catégorie IV, il est nécessaire pour le fonctionnement continu de l'installation et toute défaillance du composant aurait un impact sur le fonctionnement continu de l'installation.

Tous les composants doivent se voir attribuer un facteur d'importance avec un I_p égal à 1,0.

a_p – Le facteur d'amplification du composant est compris entre 1,0 et 2,5 selon le composant spécifique concerné. Les valeurs sont définies dans le CIB et dépendent de la rigidité relative des composants.

R_p – Le facteur de réponse du composant est compris entre 1,0 et 12,0 selon le composant spécifique concerné. Les valeurs sont définies dans le CIB et dépendent de l'amortissement relatif des composants.

z/h – Sachant qu'un équipement installé dans les étages d'un immeuble subira des mouvements plus forts qu'un équipement installé au rez-de-chaussée, le choix de l'emplacement d'un système d'alimentation dans un bâtiment mérite réflexion. Ce facteur est exprimé sous forme de ratio entre la hauteur de l'installation du système d'alimentation dans le bâtiment (z) et la hauteur du bâtiment (h). Sa valeur est comprise entre 0 au rez-de-chaussée et 1 pour une installation à l'étage.

Consignes d'installation et de montage

L'installation et le montage sont tout aussi importants que la conception du système d'alimentation pour veiller à ce que les composants restent raccordés à la structure et leurs fondations en cas de séisme.

Les paramètres spécifiques au site doivent être examinés afin de veiller à ce que le système d'alimentation soit conforme à l'IBC. L'emplacement géographique, le profil du sol et l'installation souterraine, au rez-de-chaussée ou à l'étage jouent chacun leur rôle dans la définition des exigences de montage du système et dans la certification IBC.

Bien que les fabricants de systèmes d'alimentation fournissent des informations importantes aux installateurs concernant les bases, les exigences de fixation et les instructions de montage des installations répondant aux normes parasismiques, l'entrepreneur chargé de l'installation est responsable de l'installation conforme de toutes les fixations et du matériel de montage. Les points d'ancrage, leur taille

ainsi que leur type sont précisés sur le plan d'installation. Les exigences en matière de montage, comme la marque des fixations, le type, la profondeur de l'encastrement, la distance au bord, l'écartement entre les fixations, la résistance du béton et l'étaillage des murs doivent être validés par l'ingénieur en construction à qui incombe la responsabilité de confirmer que le système résistera aux forces sismiques spécifiées.

Les cloisons, les planchers et les cales doivent également être conçus selon les normes parasismiques et validés par l'ingénieur en construction en charge du dossier. L'installateur a pour responsabilité d'installer correctement l'ensemble des câbles électriques, conduites, gaines et autres raccords à l'équipement. Il est nécessaire que ces composants demeurent intacts et fonctionnels et qu'ils ne gênent pas le fonctionnement du groupe électrogène après un phénomène sismique.

Norme 1708.5 de l'IBC : homologation parasismique des équipements mécaniques et électriques

Le professionnel en charge de la conception doit mentionner sur les documents de construction les exigences applicables en termes d'homologations parasismiques pour les systèmes conçus pour les zones sismiques. Les fabricants de chacun des composants du système parasismique doivent tester ou analyser les composants et leurs systèmes de montage ou de fixation et fournir un certificat de conformité que le professionnel en charge de la conception du système parasismique étudiera et validera conjointement avec le propriétaire du bâtiment. L'homologation se fait par le biais d'essais sur table vibrante, d'essais de chocs en trois dimensions, d'une méthode d'analyse utilisant des caractéristiques et des forces dynamiques, de données empiriques (données historiques démontrant des performances acceptables lors de phénomènes sismiques) ou d'une analyse plus approfondie et tout aussi fiable.

Remarques générales concernant l'installation parasismique

- Les fixations utilisées pour les installations parasismiques doivent être conçues et certifiées pour résister aux forces sismiques conformément à la norme 355.2-04 de l'ACI (American Concrete Institute) et être consignées dans un rapport par un organisme de contrôle digne de confiance (par exemple, le rapport d'évaluation publié par l'International Code Council, « The Evaluation Service Report »).
- Les fixations doivent être installées comme mentionné sur l'imprimé ADV du produit.
- Les fixations doivent être installées dans du béton standard avec une résistance à la pression de 4 000 psi minimum. Le granulats de béton doit observer la norme C33 de l'ASTM (American Society for Testing and Materials). Toute installation dans du béton léger structural est interdite sauf sur autorisation de l'ingénieur en construction en charge du dossier.
- Les fixations doivent être serrées au couple requis indiqué par le fabricant pour une répartition des charges maximale.
- Les fixations doivent être installées en respectant les écartements et les distances au bord requises pour obtenir une répartition des charges maximale sauf avis contraire de l'ingénieur en construction en charge du dossier.
- Les larges rondelles doivent être installées à chaque point d'ancrage entre la tête d'ancrage et l'équipement pour la répartition de l'effort de tension. Se reporter au plan d'installation ou au dessin coté pour des informations plus précises concernant les fixations et les dimensions des rondelles.
- L'équipement installé sur une dalle de propreté requiert que l'épaisseur de cette dalle soit équivalente à au moins 1,5 fois la profondeur d'ancrage.
- Toutes les dalles de propreté doivent être conçues conformément aux normes parasismiques et scellées ou moulées dans la structure du bâtiment selon approbation de l'ingénieur en construction en charge du dossier. L'ajout de barres d'armature au niveau de la dalle de propreté est requis pour l'ensemble des installations.
- L'ajout de barres d'armature dans le béton doit être conforme à la norme 318-05 de l'ACI.

• Les équipements muraux doivent être installés sur un mur en béton armé conforme aux normes parasismiques et validé par l'ingénieur en charge du dossier afin de garantir leur résistance aux forces sismiques ajoutées. Lors de l'installation, les interférences des barres d'armature sont à prendre en compte.

• Les équipements fixés au sol (avec ou sans dalle de propreté) doivent être installés sur un sol en béton armé conforme aux normes parasismiques et validé par l'ingénieur en charge du dossier afin de garantir leur résistance aux forces sismiques ajoutées. Lors de l'installation, les interférences des barres d'armature sont à prendre en compte.

Montage et appellations trompeuses

Le montage peut se faire de manière directe ou par le biais d'isolants antivibratoires. En cas de montage direct, le produit est fixé directement sur un plot en béton.

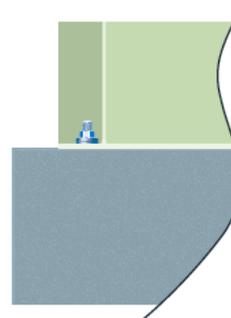


Figure 5 : Exemple de montage direct sur une fondation.

Tous les équipements équipés de plots amortisseurs en caoutchouc doivent également être montés de manière directe. Aucun isolant supplémentaire n'est nécessaire sauf si les acousticiens du projet désirent une transmissibilité minimale des vibrations à la structure. La Figure 5 illustre un montage direct. Il est important de comprendre que les isolants dits « isolants sismiques » installés entre le réservoir ou le châssis et le béton ne protègent nullement l'équipement en cas de phénomène sismique.

En effet, l'utilisation d'isolants supplémentaires permet à l'équipement de bouger davantage ce qui se révèle contreproductif en cas de séisme. Dans le second type de montage, l'équipement est installé sur des isolants conformes aux normes parasismiques. Toutefois, ces isolants sont efficaces uniquement pour amortir les vibrations pouvant être transmises du groupe électrogène vers les fondations lors d'une utilisation normale. On les appelle « isolants sismiques » parce qu'ils enregistrent des valeurs conformes aux exigences des applications parasismiques et qu'ils sont conçus pour résister aux phénomènes sismiques. En outre, ils intègrent souvent des amortisseurs permettant de limiter tout mouvement excessif de l'équipement. Par conséquent, il est important de toujours monter l'équipement comme spécifié.

Conclusion

Pour les applications critiques où il est impératif que le système d'alimentation de secours ou d'urgence résiste aux phénomènes sismiques ou toute autre catastrophe naturelle, des systèmes d'alimentation en énergie conformes aux normes parasismiques sont disponibles dans les régions du monde exposées aux séismes. Ils ont été conçus selon des principes d'ingénierie éprouvés et ont été soumis à des analyses par la méthode des éléments finis et/ou des essais sur table vibrante réalisés par des centres d'essai indépendants. Les prescripteurs des systèmes d'alimentation garantissent que ces systèmes certifiés conformes aux normes parasismiques résisteront aux phénomènes sismiques dès lors que l'installation est conforme aux spécifications du fabricant.

Copyright 2018