

INTRODUCTION

L'isolation sismique, également connu sous le nom d'isolation de base en structures, est une stratégie innovatrice de modèle qui fournit un remplacement pratique pour le modèle résistant de séisme des structures neuves et de la réadaptation sismique des constructions existantes, des passerelles et des établissements industriels...etc.

L'effet de l'isolation de base peut être réalisé par l'installation de certains dispositifs entre la construction et la base de support, afin de séparer ou isoler le mouvement de la construction de celui du sol

Ainsi, des forces induites par un séisme peuvent être réduites par des facteurs de cinq à dix de ceux qu'une structure non isolée [1].

Pendant les attaques de séisme, les constructions avec structure traditionnelles où la base est fixe, répondent avec une augmentation progressive du niveau de sol au dessus de la construction, ceci provoque des dommages lourds ou l'effondrement total des structures. Pour éviter ces dommages, et en même temps répondre à des exigences fonctionnelles en service, une flexibilité est introduite à la base de la structure.

1. Les différents systèmes d'isolation parasismique :

L'isolation sismique est une technique plus prometteuse qui dépend fortement du choix de système, employée pour fournir la flexibilité horizontale et pour s'approprier l'amortissement. Il est également nécessaire de fournir un écartement d'isolation sismique adéquat qui peut faciliter tous les déplacements destinés.

La plupart des systèmes utilisés aujourd'hui comportent les appuis élastomères, ou des appuis à glissement, d'autres sont restés au stade d'études théoriques ou d'essais. Parmi ces catégories et selon leur mode de fonctionnement, on distingue :

1.1. Les systèmes basés élastomère :

Les appuis en caoutchouc naturel sont utilisés la première fois en 1969 pour la protection des constructions contre le séisme dans une école de trois étages dans Skopje à la Macédoine. Le système a été développé en Suisse par un ingénieur structurel K. Stadhoudier (Staudacher et autres. 1970), après le séisme dévastateur de 1967[2] [3] [4].

Les appuis de grands blocs en caoutchouc sans plaques de renforcement en acier, seront comprimés environ de 25% sous le poids de la construction. Ils sont également d'une rigidité verticale valant plusieurs fois à la rigidité horizontale.

Ce système a été testé sur une table de vibration dans le centre de recherches d'ingénierie de séisme (EERC) en 1982 (Staudacher, 1982). La caractéristique des systèmes d'isolation de ce type repose sur le fondement que le mouvement horizontal est fortement accouplé à un mouvement d'oscillation, de sorte que le mouvement du sol horizontal induit des accélérations verticales en mode de vibration. D'autres constructions ont été construites sur des appuis en caoutchouc naturel avec des plaques d'acier inteme (ou désignées sous le nom de cales) de renforcements, qui réduisent le gonflement transversal des appuis et augmentent la rigidité verticale voir la figure.1.1. Ces appuis multicouches d'élastomère ont été utilisés pendant des années pour fournir l'isolation sismique pour les bâtiments. [2] [3] [4].

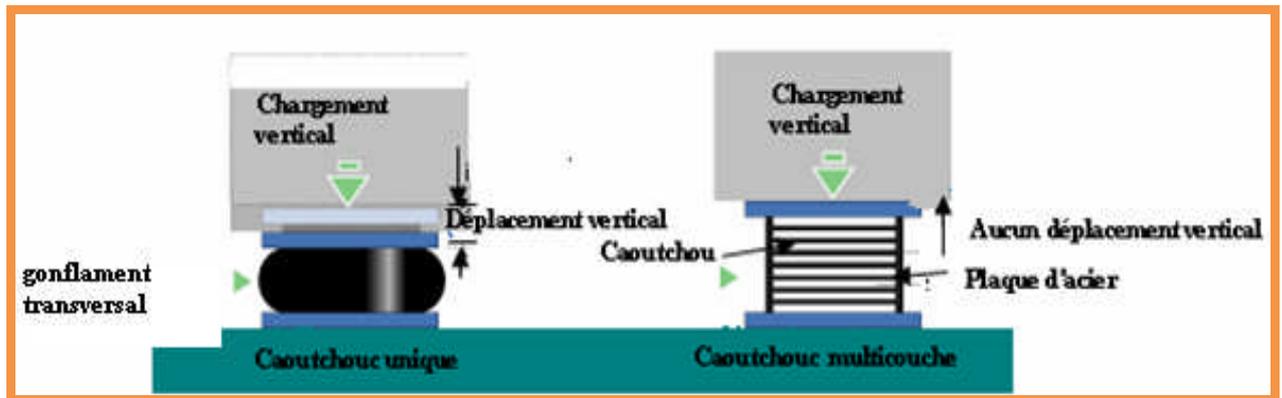


Fig.1.1 : représentation du caoutchouc renforcé avec les plaques en acier [5]

1.1.1. Les Systèmes en Caoutchouc Naturel et Synthétique - Faible Amortissement :

Les appuis en caoutchouc naturel et synthétique – faible amortissement (Low-Damping Natural and Synthetic Rubber Bearings (LDRB)) ont été employés couramment au Japon en même temps que les dispositifs d'amortissement supplémentaires, tels que les amortisseurs visqueux, les barres en acier, les barres de plomb, les dispositifs de frottement... etc. [2] [3] [4].

Les isolateurs sont constitués de deux plaques épaisses d'extrémité en acier doux et beaucoup de cales en acier mince. La figure.1.2 représente le type carré. Le caoutchouc est vulcanisé et collé avec une pression à l'acier dans un moulage sous la chaleur en même temps pour éviter le gonflement du caoutchouc et fournir une rigidité verticale élevée; ce procédé n'a aucun effet sur la rigidité horizontale, qui est contrôlée par module de cisaillement faible d'élastomère. Le comportement de matériaux dans le cisaillement est visqueux linéaire jusqu'aux contraintes de cisaillement au-dessus de 100%, avec l'amortissement critique dans la chaîne de (2 à 3) %. Le matériau n'est pas soumis au fluage, et la stabilité à long terme du module est bonne. [2] [3] [4].

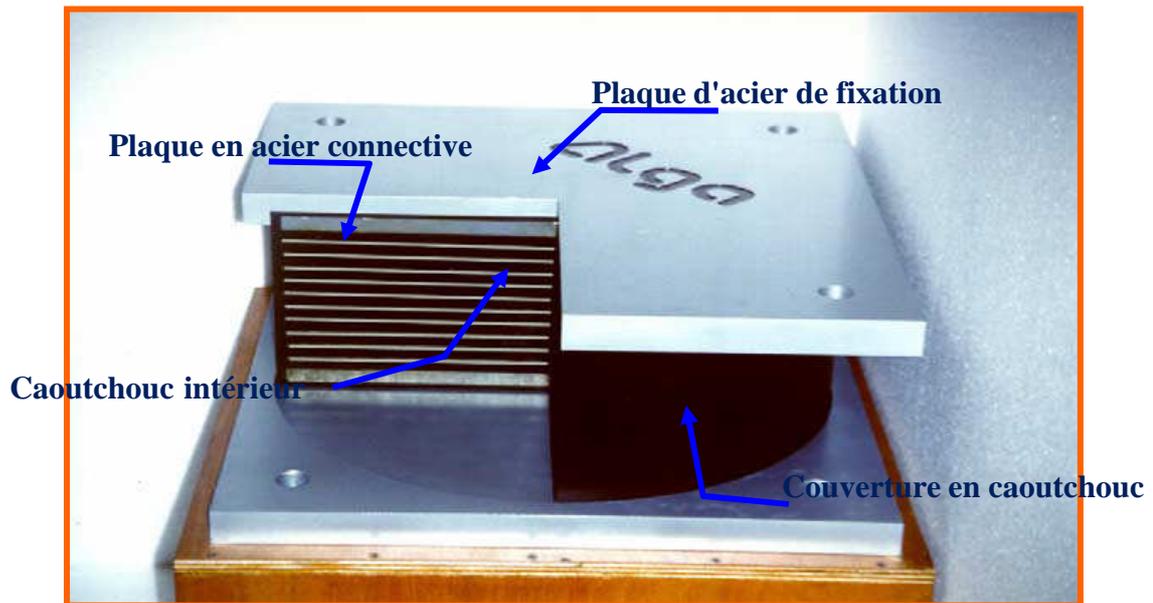


Fig.1.2 : Les appuis en caoutchouc naturel et synthétique – faible amortissement - type carré.

La protection des plaques d'acier contre la corrosion et contre le feu est assurée par une enveloppe en caoutchouc d'épaisseur de 6 cm qui donne à l'isolateur une stabilité au feu de 4 h. Des stabilisateurs de vent peuvent également être montés après le séisme [6].

Nous citons quelques avantages concernant l'utilisation des appuis en caoutchouc naturel et synthétique – Faible amortissement sont [2] [3] [4] :

- Facile à fabriquer ;
- Assemblé et bien collé à l'acier ;
- Facile à modeler ; et sa réaction mécanique est inchangée par le taux de chargement de température et le vieillissement.

Le seul inconvénient de ce système est l'ajout d'amortissement supplémentaire qui est généralement nécessaire et indispensable. Ces systèmes supplémentaires exigent des connexions raffinées, dans le cas des amortisseurs métalliques [2] [3] [4].

1.1.2. Les Systèmes en Barreaux de Plomb (Lead-Plug Bearing (LRB)) :

L'appui en barreau de plomb a été inventé en Nouvelle Zélande en 1975 (Robinson et Tucker, 1977, 1983) et considérablement utilisé en Nouvelle Zélande, au Japon et aux États-Unis [7].

Les appuis en barreau de plomb sont des appuis en caoutchouc stratifiés semblables à LRB, mais contiennent des trous dans lesquels une ou plusieurs barres de plomb sont insérées. Un modèle d'un LRB schématisé par la figure.1.3. Les plaques d'acier dans l'appui permettent la barre de plomb de se manipuler en cisaillement et sa contrainte de déformation plastique est environ 10 MPa ; cet environnement fournit à l'appui une réponse bilinéaire (Tyler et Robinson, 1984). Par ailleurs la barre

de plomb doit s'ajuster fortement dans l'appui élastomère, et elle est confectionnée légèrement plus grande que le trou afin qu'elle soit forcée à l'intérieur. A cet effet l'objectif d'avoir une rigidité et un amortissement utile du LRB, résultants appropriés est atteint pour un déplacement acceptable.

Attirant l'attention que des appuis en élastomère stratifié avec barre de plomb ont été considérablement testés en Nouvelle Zélande (construite, 1982), [2] [3] [4].

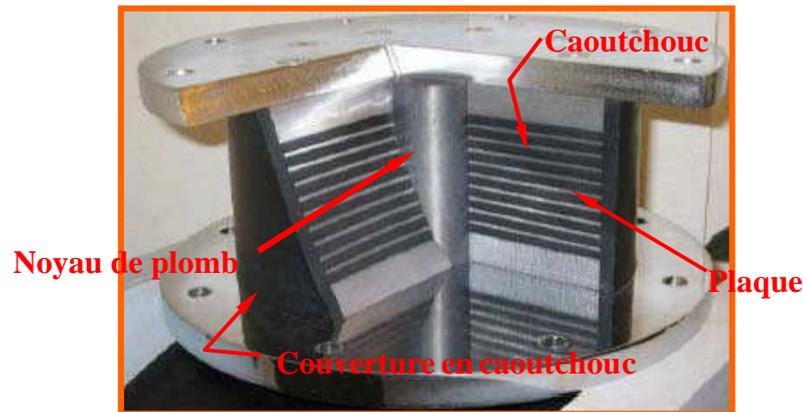


Fig.1.3 : Appui en barre de plomb- type rond [4].

On conclue que le plus grand avantage de ce système d'isolation parasismique réside dans l'intégralité des barres et des appuis élastomères et aucune sujétion supplémentaire n'est nécessaire, ce qui permet une bénéfique d'économie importante. Le seule inconvénient apparu est après un séisme tel qu'on rencontre une grande difficulté de remplacement de la barre sans enlèvement de l'appui ceci dit que l'appui doit être impérativement changé avec la barre du fait que pendant les secousses la barre de plomb induit la détérioration dans les couches du caoutchouc [6].

1.1.3. Les Systèmes en Caoutchouc Naturel – Fort Amortissement :

Le développement d'un composé, en caoutchouc naturel avec amortissement inhérent, est un système qui élimine le besoin des éléments d'amortissement supplémentaires. Ce système a été réalisé en 1982 par l'association des recherches des produits en caoutchouc Malaisiens (MRPRA) en Grande Bretagne (Derham et autres. 1985). L'amortissement est augmenté en ajoutant le charbon noir et d'autres matériaux de propriété industrielle à savoir les produits pétroliers, les résines... Dans le cas où les contraintes de cisaillement achevant de 100% et le module de cisaillement est autour (0,4 à 1, 4) MPa l'amortissement atteint à un niveau (de 10 à 20)%. Par contre si les contraintes de cisaillement sont moins de 20%, ce comportement de matériau est non linéaire. Et sur une chaîne de contrainte de cisaillement de (20 à 120) %, le système est caractérisé par une rigidité et un amortissement permettant à réduire la réaction contre les effets de vent et du chargement sismique faible.

La figure.1.4 montre un exemple d'un appui fort amortissement (High-Damping Natural Rubber).

L'amortissement de ce système est indépendant de la fréquence et son comportement hystérésis peut être visqueux linéaire et dans ce cas, la dispersion d'énergie est quadratique en fonction du déplacement. Les tests, sur un grand nombre de différents isolateurs en caoutchouc à EERC, ont démontré que l'énergie dissipée, selon le cycle est proportionnelle au déplacement, est augmenté à un exposant de 1,5. Cette caractéristique peut être exploitée pour modeler la réaction d'appui qui combine les éléments linéaires visqueux et d'élastoplastique (Clark et Kelly, 1996). Les caractéristiques des matériaux de ces élastomères de fort amortissement sont sensibles de la température, en comparaisant avec le système au caoutchouc de faible amortissement (Ces caractéristiques sont traitées déferrement d'un constructeur à autre pour aboutir à une sensibilité faible). La caractéristique la plus importante des appuis en caoutchouc de fort amortissement dépend des cycles de chargement comme les autres systèmes, ce qui conduit à dire que l'accroissement de cycle vers un autre augmente les contraintes de cisaillement ainsi que la rigidité effective. Sachant que, généralement, cette caractéristique est stabilisée dans le troisième cycle [2] [3] [4].

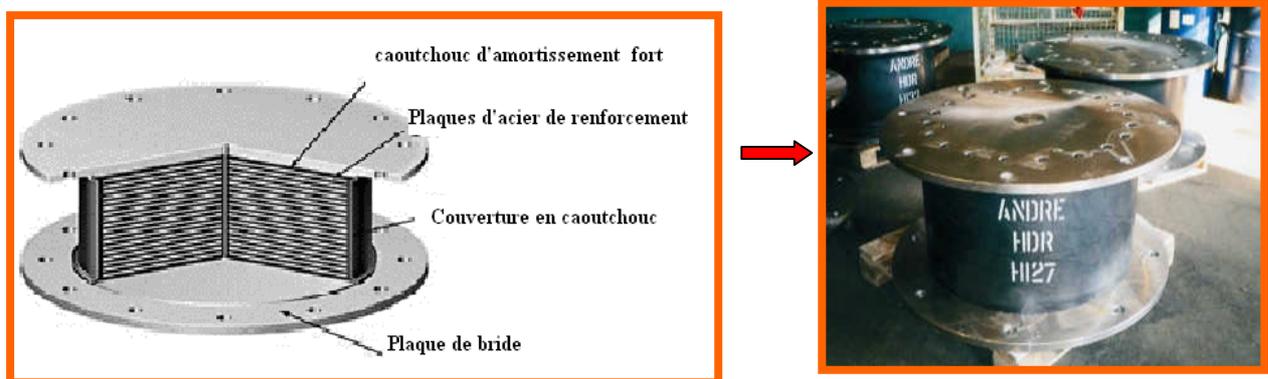


Fig.1.4 : les appuis en caoutchouc naturel – fort amortissement [8] [4].

Les avantages d'utilisation des appuis stratifiés de fort amortissement sont :

- Possibilité de la combinaison entre la dispersion d'énergie et la flexibilité ;
- Facile à fabriquer ;
- Simplicité de l'installation.

La première utilisation des appuis en caoutchouc naturel de fort amortissement, pour isoler une structure, était faite par le FCLJC dans le rancho Cucamonga, la Californie. Les appuis étaient manufacturés et testés avant d'être installés en novembre 1983, et en juillet 1995 deux appuis ont été ajustés dans la construction. La comparaison des résultats d'essai en 1995 avec les résultats d'essai de l'original 1983, montre que la rigidité produite du cisaillement d'appui reste stable après 12 années d'installation (Clark, 1997) [2] [3] [4].

1.1.4. D'autres Isolations Elastomères :

La compagnie de caoutchouc de Sumitomo de Kobe- Japon, a développé un isolateur qui combine un appui naturel et synthétique – faible amortissement avec un grand trou interne, dans lequel une fiche centrale en élastomère synthétique- fort amortissement (tel que le caoutchouc de nitriles) est placée et les deux modules de cisaillement des deux élastomères sont très proche. Le caoutchouc de nitriles a un amortissement plus élevé que l'autre, et le diamètre de la fiche interne est presque la moitié de celui de l'appui environnant, et quant à l'amortissement effectif du système combiné est autour (18 à 20) % [2] [3] [4].

Un concept semblable a été testé à EERC en utilisant un LDRB avec un trou central rempli de disques d'un copolymère acrylique de fort amortissement alternant avec des disques d'acier. Les couches de polymère étaient de la même épaisseur que les couches en caoutchouc, et les disques en acier sont de même épaisseur que les cales internes. Ils ont déterminé qu'il n'y avait aucun besoin de coller le polymère et les disques en acier ; les disques ont assuré que le polymère a été entièrement engagé au caoutchouc ; ce polymère joue un rôle d'un radiateur pour la chaleur produite par l'énergie dissipée. La partie élastique du module de cisaillement de ce polymère (le module de mémoire) était très proche de celle du caoutchouc et le facteur de perte était autour 1,5. Cette combinaison produit une grande dispersion d'énergie dans l'appui [2] [3] [4].

1.1.2. Systèmes d'Isolation basés sur le Glissement :

Une des techniques les plus populaires et les plus efficaces pour l'isolation sismique est l'utilisation de glissement. Les systèmes glissant s'exécutent très bien sous une variété de charge nuisible de séisme, en réduisant les grandes amplifications d'accélération de la superstructure. Ces isolateurs sont caractérisés par l'insensibilité à la fréquence due à l'excitation sismique, cette caractéristique est très importante pour le mouvement de ce système de glissement.

Les systèmes d'isolation basée sur le glissement sont fréquemment appliqués dans les constructions et les passerelles à cause de ses avantages, cités ci-dessous, par rapport aux appuis en caoutchouc conventionnels [9] :

- Le non influence de la fréquence d'entrée sur ce système.
- Les effets de torsion produits par la construction asymétrique sont diminués à cause de la coïncidence du centre de masse de la structure et celui des appuis de glissement.

1.1.2.1. Système de Frottement-Pur :

En 1909 en Grande-Bretagne, le Médecin Johannes Avetican Calantarients a proposé la première fois un système employant le frottement pur. Cette proposition concerne la séparation de la structure de la base par une couche de talc. Ce docteur a clairement compris que le système d'isolation a réduit les accélérations dans la construction isolée. Ces accélérations sont proportionnelles aux déplacements entre la construction et la base.

Notant que ce système inventé par le Dr. Calantarients comporte tous éléments considérés nécessaires et actuellement utilisés dans un système de base d'isolation sismique. Cette méthode permet de coupler la construction et la base, avec un support de grands déplacements relatifs [2] [3] [4].

L'isolation parasismique a été considérée la première fois comme stratégie sismique résistante de modèle par le gouvernement Italien après le fort séisme de Messino-Reggio de 1908, qui a tué 160.000 personnes demeurant dans les constructions de maçonnerie non renforcées, presque toutes les constructions de ce type se sont effondrées (Berg, 1983). Après le séisme, une commission a été nommée pour effectuer des recommandations pour la reconstruction des bâtiments avec des structures économiques et sûres résistantes au séisme. La commission a considéré deux approches au modèle résistant au séisme. La première approche sert à isoler la construction du mouvement de sol soit en interposant une couche de sable dans sa base, ou soit à l'aide des rouleaux sous des poteaux pour permettre à la construction de se déplacer horizontalement. La deuxième approche concerne un modèle à base fixe avec une limitation d'hauteur en limitant la force transversale, produite par le séisme, par des coefficients séismiques. (Dei Lincei, 1909 d'Accademia).

Après les séismes indiens en 1930 de Dhubai et de Bihâr en 1934, ce système inventé s'impose fortement dans les constructions. Dans ses séismes, remarquant que les constructions de maçonnerie avaient glissé sur leurs bases et elles ont survécu au séisme, alors que les constructions semblables de base fixe étaient détruites. Sur cette base d'observations et aussi du fait que les constructions de maçonnerie ne peuvent pas être isolées de manière rentable à l'aide des isolateurs élastomères, Arya (1984) a proposé un système glissant. Une analyse considérable a été faite pour cette approche ; un programme expérimental a été effectué en utilisant un type de table de vibration (le choc produit en roulant un chariot chargé en bas d'une pente) (Arya et autres, 1978, 1981). Le résultat obtenu a démontré l'efficacité de l'approche du système glissant [2] [3] [4].

Les ingénieurs chinois de séisme avaient observé les mêmes phénomènes provoqués du séisme dévastateur de Tangshan 1976. Un certain nombre de constructions, avec isolateur de glissement, de plusieurs étages, ont survécu au séisme avec des fissures horizontales au dessous des murs signalant qu'il y avait une glissade d'environ 6 centimètres. Cette observation importante a été interprétée comme un signe fort pour la possibilité de la protection de la superstructure de maçonnerie contre les

destructions. Après plusieurs investigations et d'analyses théoriques autour des tests sur des tables de vibration à 1/8 d'échelle pour les structures isolées et à base fixe (Li, 1984), ont déduit de l'efficacité de ce système de forttement pur.

Cette approche était adoptée pour la construction d'un certain nombre de bâtiments dont le plus grand était une construction de dortoir de quatre étages avec une couche de sable particulièrement sélectionnée entre les plaques de sol de mosaïque situées au-dessus de la base et sous les murs au niveau de rez-de-chaussée. Dans le séisme de Pékin, un mouvement intense est observé sur la surface de glissement de ces constructions sans aucune destruction remarquable.

Par ailleurs, plusieurs analyses théoriques considérables ont été faites sur la dynamique des structures sur des systèmes glissants soumis à une oscillation harmonique ou de séisme. A titre d'exemple concernant la construction d'isolation de base, Mr. Westermo et Mr. Udwardia (1983) ont étudié la réaction périodique d'un oscillateur linéaire sur un frottement de coulomb glissant sur la surface adjacente. Ils ont constaté que le frottement toujours réduit la réaction et celle-ci peut être plus grande que celle du même modèle à base fixe. Aussi des tests pour étudier la réaction, ont été faits par Mostaghel et autres, et ils ont aboutit aux mêmes résultats. (1983a, 1983b)[2] [3] [4].

En général le frottement de coulomb est employé dans les analyses théoriques, et son comportement dans ces analyses reflète la réalité à cause de non diversité des paramètres.

Les matériaux les plus utilisés pour des appuis glissant sont généralement le polytétrafluoroéthylène (PTFE ou téflon) sur un acier inoxydable, et les caractéristiques de frottement de ce système dépendent de la température et de la vitesse du mouvement de surface adjacente, ainsi que le degré d'usure et de la propreté de la surface. Plusieurs travaux de test ont été effectués pour voir les aspects du comportement mécanique des différents composants glissants (Tyler, 1977a, 1977b); suivi par la suite, des ajustements considérables apportés par Campbell et Kong (1987)[2][3][4].

1.1.2.2. Les Systèmes EDF (Électricité de France) :

Ce système a été développé au début des années 70 afin de l'appliquer aux installations des équipements d'une centrale nucléaire; pour atteindre à un niveau de protection très élevée concernant ces équipements pendant une accélération de pic à 0.2g.

Une centrale située aux sites d'activité sismique forte, elle devra équiper par un système isolé pour garder les niveaux d'accélération du matériel au-dessous de la valeur de qualification. Ce système est combiné d'un appui stratifié du néoprène (fabriqué selon des normes de haute qualité) avec une plaque d'alliage de plomb bronze en contact direct avec acier inoxydable, la surface de glissement étant montée sur l'appui d'élastomère voir la figure.1.5 [2][3][4].

L'ensemble de plaque de glissement et des appuis stratifiés du néoprène, sert à éviter l'inconvénient de la présence de sol mou. Et particulièrement, il est très efficace pour les constructions à fondation profonde [6].

Le coefficient de frottement de la surface de glissement est censé être 0.2 excédent la durée de vie de l'isolateur. Le cylindre du néoprène peut se déplacer avec une distance inférieure de 5.0 centimètre dans une situation normale. Par contre si le déplacement dépasse cette valeur, les éléments de glissement couvriront ce dépassement. Notons que l'inconvénient de ce système qu'il ne contient pas aucun dispositif pour la remise les déplacements à zéro or ces déplacements sont inhérents. Ce système a été utilisé une seule fois pour les installations de la centrale nucléaire à Koeberg, Afrique du Sud (Jolivet et Richli, 1977) [2] [3] [4].

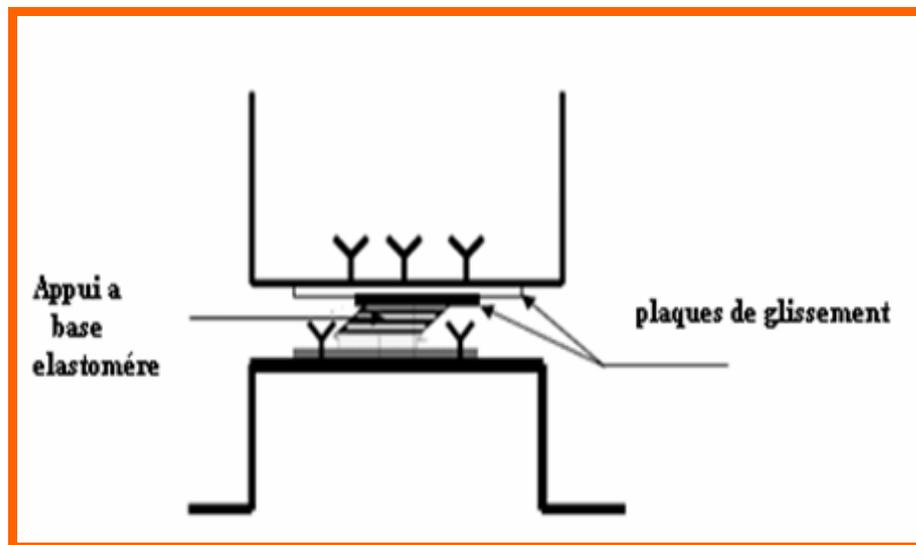


Fig.1.5 : appui type système de l'Electricité De France

1 .1.2.3. Les Systèmes Combiné EERC :

La combinaison entre les deux systèmes (élastomère et de glissement), a été développée et testée sur une table de vibration à EERC. Dans ce système les poteaux intérieurs de la structure étaient téflon continué sur les éléments glissant en acier inoxydable, et les poteaux extérieurs sur les appuis caoutchouc naturel-faible amortissement. Les appuis élastomères contrôlent la torsion de la structure tandis que les éléments glissant fournissent l'amortissement (Chalhoub et Kelly, 1990). Une variante de ce système a été employée pour rénover plusieurs constructions à savoir les deux écoles de Mackay des mines à l'université du Nevada et l'hôpital de comité de Los Angeles. Ces structures ont utilisé des appuis en en élastomère fort amortissement (HDNR) et du téflon en acier inoxydable, dans les constructions de l'université, tandis que des plaques d'alliage de plomb-bronze sur un acier inoxydable, dans la construction l'hôpital, pour le système glissement [2] [3] [4].

1.1.2.4 Les Systèmes de TASS :

Le système de TASS a été développé par TAISEI Corp. au Japon (Kelly, 1988). Il supporte la charge verticale à l'aide des éléments de téflon en acier inoxydable, ainsi que les effets des forces horizontales à l'aide des appuis stratifiés du néoprène. La pression sur la surface de glissement de téflon est environ 10 MPa, le coefficient de frottement est autour de 0.05 et la vitesse de glissement est lente et estimée à 0.15 par rapport à la vitesse la plus élevée. La charge verticale insupportable par les appuis élastomères et la difficulté de modélisation de ce système à cause de la sensibilité de la vitesse de surface de glissement, forment les désavantages principaux de ce système [2] [3] [4].

1.1.2.5. Les Systèmes Résistant par Frottement :

En 1987 Mr. Mostaghel et Mr. Khodaverdian ont proposé un système résistant par frottement (R-FBI) comme indiqué dans la figure 1.6. L'isolateur de base se compose des disques en acier inoxydable revêtus de téflon, qui sont en frottement direct avec eux-mêmes, et un noyau central de caoutchouc. Ce système donne un frottement et un amortissement issu du caoutchouc permettant une résistance acceptable contre le séisme. Le noyau en caoutchouc, qui ne supporte aucune charge verticale, agit sur la distribution des déplacements des plaques et leurs vitesses de glissement en fonction de la hauteur de l'appui de R-FBI. Le système fournit l'isolation parasismique par l'action parallèle du frottement, absorbant les forces horizontales.

Les disques sont enveloppés par un caoutchouc pour une protection contre la poussière et les effets atmosphériques. Les frottements entre les disques amortissent les effets du vent ou les séismes à faible intensité. Par ailleurs, la vitesse de glissement peut être réduite en augmentant le nombre de plaques, et la réponse de la superstructure et les déplacements au niveau des appuis ne semblent pas être affectés par l'asymétrie de frottement due aux faibles tassements différentiels [6].

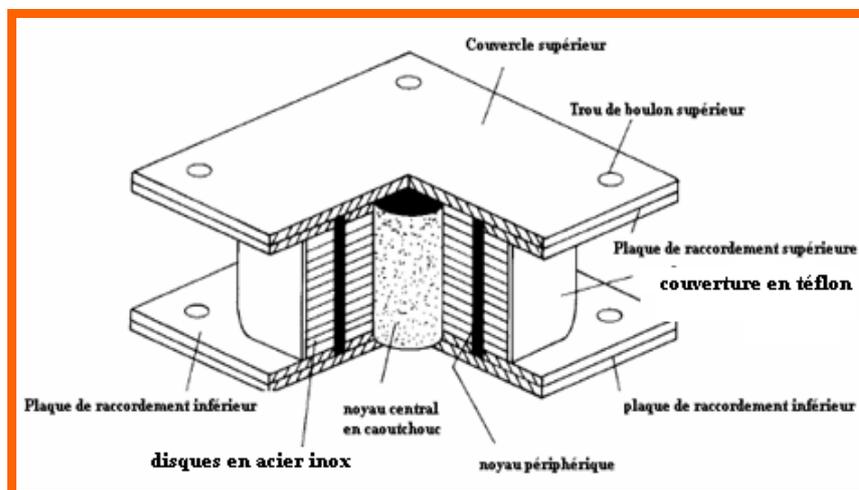


Fig.1.6 : Les Systèmes à Frottement Résistant par Glissement [6]

1.1.2.6. Les Systèmes de Pendule de glissement :

Le système de pendule de frottement (FPS) est un système de frottement d'isolation parasismique qui combine une action de glissement avec une force de remise par la géométrie. L'isolateur de FPS contient un glisseur articulé mouvant sur une surface sphérique en acier inoxydable. La partie sphérique de ce glisseur en contact avec la surface sphérique est enduite par une matière composite de faible frottement.

Durant une excitation sismique, le glisseur se déplace au dessus de la surface sphérique, d'une façon qu'il remette la structure à son état initial sans soulèvement. Le frottement entre le glisseur articulé et la surface sphérique produit l'amortissement dans l'isolateur. La rigidité effective de l'isolateur et sa période sont contrôlées par le radius de courbure de la surface concave. Le coefficient de frottement dépend de la pression et de la vitesse de glissement, par conséquent ce coefficient diminue avec l'augmentation de la pression et de la vitesse dépassée le 51 millimètres/sec [2] [3] [4].

Le pendule de frottement s'est avéré particulièrement applicable aux réservoirs de stockage [10]. La figure. 1.7 illustre un exemple d'un appui de FPS.

Les appuis permettent de réduire les charges transversales qui peuvent agir sur la structure pour des séismes de grandeur 8. Ces appuis de pendule de glissement emploient les caractéristiques d'un pendule pour rallonger la période naturelle de la structure d'isolation parasismique, afin d'éviter les forces de séismes les plus forts. La période de l'appui est sélectionnée, tout simplement, en choisissant le radius de courbure de la surface concave indépendant de la masse de la structure supportée. Des mouvements de torsion de la structure sont réduits au minimum parce que le centre de la rigidité des appuis coïncide automatiquement avec le centre de la masse de la structure supportée [4].

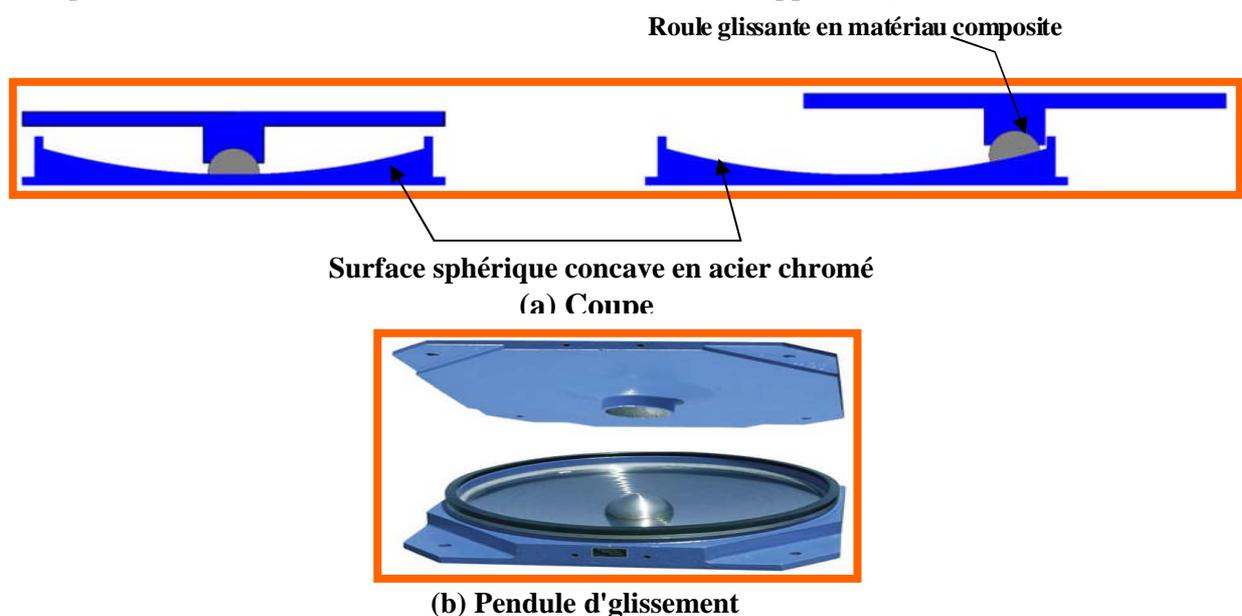


Fig.1.7 : exemple d'un appui de pendule de frottement [11].

En outre, ces appuis offrent des propriétés variables qui peuvent répondre aux exigences diverses des constructions (passerelles, équipements industriels...). Ces propriétés à savoir la période des appuis, la capacité verticale de chargement, l'amortissement, la capacité de déplacement, et la capacité de tension, peuvent être toutes sélectionnées indépendamment des périodes dynamiques de (1 à 5) second, dont la capacité de déplacement vaut jusqu'à 152,40 centimètres ou 60 pouces. Les différents appuis peuvent supporter les chargements verticaux jusqu'à 13,608 millions de kilogramme ou 30 millions de livre, et les capacités de chargement de tension de jusqu'à 2 millions de livre. Les propriétés variables du frottement de pendule, permettent au modèle d'isolation parasismique d'être optimisé pour un meilleur rendement sismique et un coût de construction économique [12].

Les appuis de glissement conviennent mieux aux constructions sur les sols durs que les terrains meubles, due au Coefficient faible de frottement des plaques. Par ailleurs étant testé ce modèle et aboutissant qu'aucun soulèvement n'était observé, même pour un séisme de 3 fois supérieurs à celui d'El Centro. En réel, une conception correcte et bien soignée de la structure et des appuis donne des mêmes résultats de celui du test (évitement de soulèvement) [6].

1.1.3. Systèmes Type Ressort :

Les systèmes d'isolation Élastomère et de glissement sont habituellement configurés pour fournir seulement l'isolation horizontale. Dans le cas où la charge est survenue à trois dimensions, la lutte contre ce phénomène rare par ces deux systèmes sont impossible d'où la nécessité de l'utilisation d'autres systèmes dits systèmes de type ressort. [2] [3] [4].

L'inconvénient principal de ces systèmes de type ressort réside dans leurs flexibilités verticales permettant de produire un mode de balancement [13].

- **Système de GERB :**

Le système d'isolation sismique de GERB a été développé initialement pour l'isolement de vibration du matériel produite par les turbines des centrales nucléaires, en utilisant des grands ressorts en acier hélicoïdaux avec des flexibilités horizontales et verticales voir la figure .1.8. La fréquence verticale est autour (3 à 5) fois de la fréquence horizontale et malgré les ressorts en acier sont utilisés sans amortisseurs, le système de GERB fonctionne implicitement avec des amortisseurs visqueux.

Comme dans tous les systèmes à trois dimensions, et vu que le centre de gravité de la structure d'isolation se trouvant au-dessus du centre de la rigidité du système d'isolation, un couplage intense s'est produit entre le mouvement horizontal et de l'oscillation. Pratiquement, ce système est utilisé dans des situations où le centre de gravité et le centre de la rigidité se coïncident, tel que dans un récipient de

réacteur à une centrale nucléaire.

Le système a été testé sur une table de vibration à Skopje, Macédoine (Huffman, 1985) et mis en application dans deux bâtiments en acier en Santa Monica, la Californie. Ces bâtiments ont été fortement affectés par le séisme 1994 de Northridge. Les réactions ont été contrôlées par des instruments de mesure des mouvements, leurs résultats confirment que le système d'isolation n'était pas efficace en réduisant les accélérations dans ces constructions dues au mouvement d'oscillation (Makris et Deoskar, 1996). [2] [3] [4]

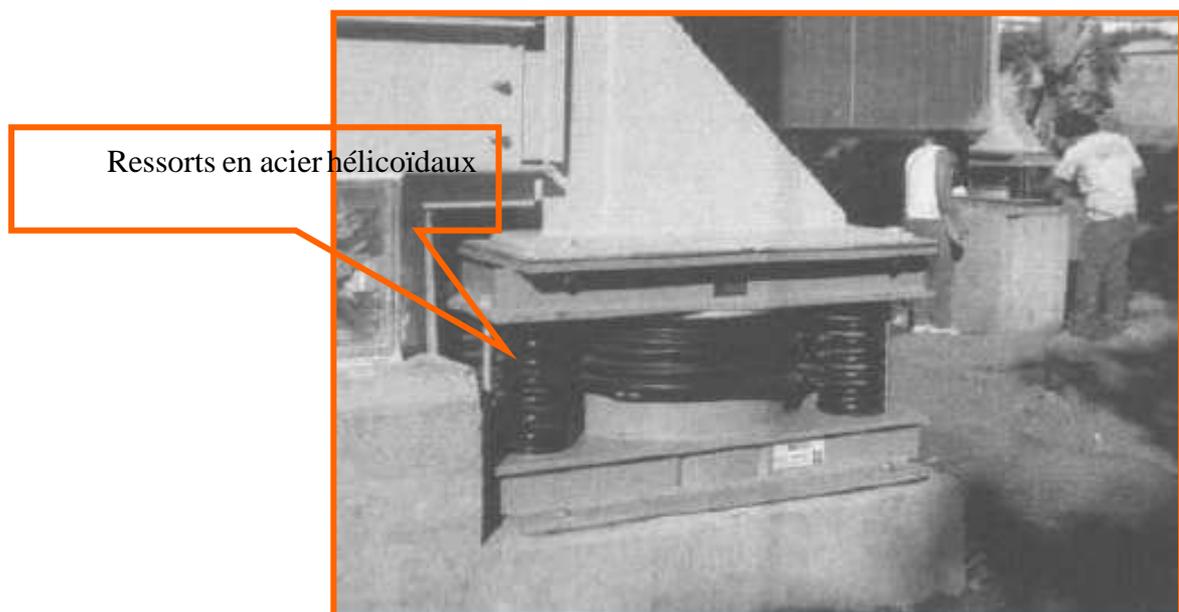


Fig.1.8 : Système de GERB [3].

1.1.4. Systèmes d'Isolation de Pieu Profond :

Dans les situations où il est nécessaire d'employer les pieux profonds, par exemple pour des constructions sur le sol mou, cette employé fournit une flexibilité horizontale essentielle pour un système d'isolation. Les pieux sont rendus flexibles en les entourant dans des tubes avec un écartement de jeu approprié. Ce système a été mis en application dans des projets à savoir la chambre des syndicats à Auckland, Nouvelle Zélande. Pour une construction, située dans un endroit du mauvais sol, les pieux sont recommandés d'être étendus jusqu'à la roche avec une profondeur de 10m sous de la surface. Ces pieux sont entourés par les chemises en acier avec un jeu de 150 millimètres. Une construction à 12 étages en béton, est renforcée par un contreventement diagonal extérieur. La superstructure est très rigide, et la période de cette construction, dotée de ce système de pieu chemisé, est autour 4 seconds.

L'amortissement est fourni par la déformation élastoplastique d'un ensemble de plaques en acier coniques disposées autour du périmètre de la construction au niveau du sol. Les amortisseurs

situés au dessus des gaines des pieux, réagissent contre une structure indépendamment supportée de sous-sol. Les amortisseurs d'acier fournissent la rigidité élastique en plus de l'amortissement, ramènent la période à environ de 2 seconde, et un amortissement effectif autour de 12% [2] [3] [4].

Ce système a été appliqué pour isoler un bâtiment dans Berkeley, la Californie, en employant le pieu chemisé et les amortisseurs visqueux hydrauliques. Le révélateur du système (Langenbach, 1996), qui est également le propriétaire du bâtiment, estime que le système a augmenté le coût autour de 5% par rapport au coût global du bâtiment [2] [3] [4].

1. 1.5. Systèmes à Roulement :

1.1.5.1. Roulement à Billes.

Ce système se compose de deux plaques en acier (plates ou incurvées) superposées et séparées des rouleaux [14]. Selon la qualité du matériau du rouleau ou du roulement à billes, la résistance du système peut être suffisante pour contrarier aux charges de services [13].

Le principe de fonctionnement est presque identique à celui du système de pendule de glissement. Dans ce système, au lieu d'un glisseur articulé, une bille est employée et mise entre deux surfaces concaves opposées et le radius de courbure des surfaces concaves, est remplacé dans ce système par le radius de la bille adéquat pour atténuer l'effet sismique [15]. La configuration et la situation initiales sous la charge sismique sont illustrées dans la figure. 1.9.

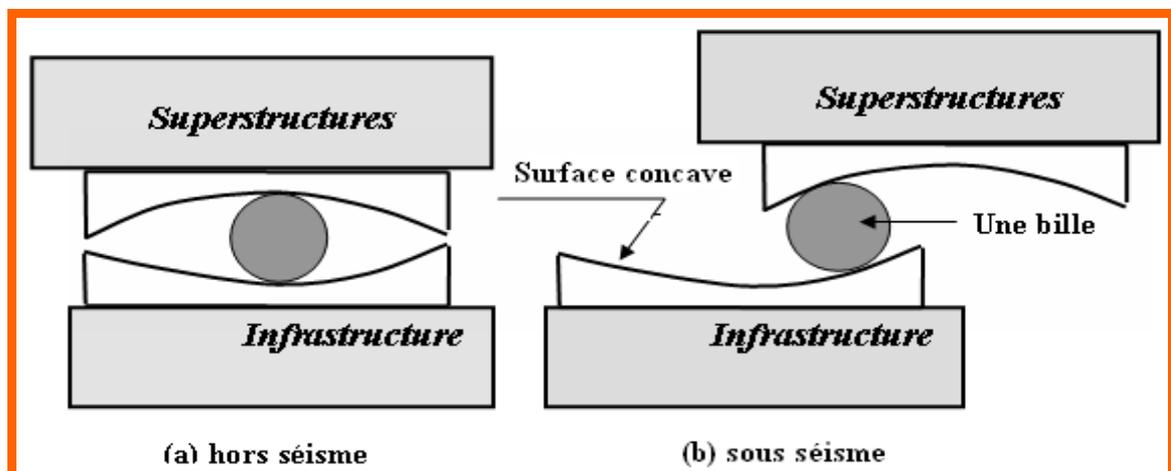


Fig. I.1.9 : appui à billes

Un bâtiment expérimental de 7 niveaux à Sébastopol (Ukraine), doté des appuis à billes, a été exposé aux excitations sismiques et de vent, montrant qu'à chaque déplacement observé est associé par un léger soulèvement instantané de la construction revenant par la suite à position initiale. Et pour remédier à cette situation, des amortisseurs parasismiques sont indispensables dans le cas d'un séisme, et un dispositif pour l'atténuation de vent. [6].

Dans la pratique, généralement des billes sont employées pour obtenir une isolation parasismique travaillant dans plusieurs directions, mais, dans certains cas, des tiges sont appliquées pour le découplage unidirectionnel. Les propriétés de ce système sont plus avantageuses par rapport à celles du système de pendule de glissement, parce que le frottement du premier est moins de celui du dernier [15].

Ce système est souvent utilisé pour la fabrication des machines contenant des vibrations. Et il est rarement utilisé dans les constructions de bâtiments à cause de son inconvénient majeur qui réside dans le blocage (c.à.d. non mobilité) de la bille centrale durant les années sans séisme, ce qui s'expose à son grippage en perdant sa capacité initiale pour un roulement correct pendant un séisme.