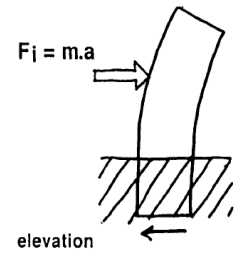


1 Forces d'inertie : représentation de l'action d'un séisme

- Paramètres des forces d'inertie, conséquences pour la conception des structures
- Bilan énergétique d'une structure en mouvement
- Le bâtiment doit-il résister à une force ou absorber l'énergie du séisme ?

La force d'inertie agissant sur un corps est égale au produit de sa masse par son accélération : $F_i = m.a$ (2ème loi de Newton). On acceptera par simplification que a est une « pseudoaccélération » dans un repère relatif



Les Forces d'inertie s'appliquent sur les masses de la construction. Dans le cas général on considèrera que les masses sont concentrées dans les planchers.

Ainsi, la réduction des masses permet de minimiser les sollicitations d'origine sismique. Pour le projet on considèrera, en fonction de sa nature et ses volumes, que la recherche d'un rapport résistance/masse volumique élevé est un facteur à optimiser.

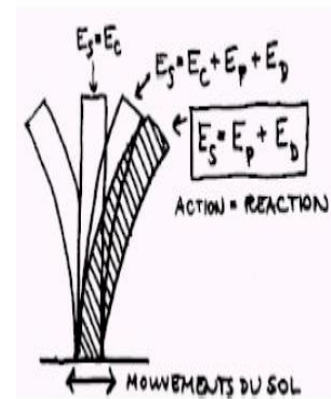
Il s'agit des accélérations de la structure en réponse à celles du sol. La maîtrise de accélérations signifiera concrètement l'éviction pour la structure des périodes propres susceptibles d'entrer en résonance avec celles du sol (Ou la recherche du sur-amortissement)

2 Notion d'équilibre énergétique : absorption de l'énergie sismique par la structure

Une structure qui subit des oscillations possède de l'énergie cinétique (E_c). Celle-ci produit un travail de déformation qui, si les déformations imposées ne peuvent pas être « absorbées » par la structure, devient un travail de rupture. On constate en effet que l'effondrement des ouvrages lors d'un séisme est plutôt dû à un manque de déformabilité qu'à un manque de résistance pure des matériaux vis-à-vis des forces.

Le stockage de l'énergie communiquée : énergie potentielle (E_p) qui sera restituée sous la forme d'énergie cinétique pour ramener la structure à sa position d'origine.

La dissipation d'énergie : une partie de l'énergie du séisme est dissipée (E_d) sous forme de chaleur sous l'effet des déformations élastiques de la structure. Nous verrons que l'endommagement peut également être utilisé à cet effet, sous réserve de ne pas provoquer la ruine de la construction.



Stratégies pour l'absorption de l'énergie sismique par la structure

- Action : $F_i = m.a$
 - Maîtriser les masses
 - Maîtriser les accélérations
- Réaction : $F_i = -k.x - c.x'$
 - $k.x$ = optimiser les forces de rappel
 - (k coefficient de raideur et x déplacement à l'instant considéré)
 - $c.x'$ = optimiser les forces dissipées
 - (c coefficient d'amortissement du système et x' vitesse à l'instant

considéré)

En termes d'énergie :

On peut exprimer les objectifs de la façon suivante

- **Le stockage de l'énergie** – énergie potentielle – (domaine élastique) sera favorisé en **autorisant les déformations de la structure** par le choix d'un mode constructif le permettant, et dans les limites autorisées par les règles.

La dissipation d'énergie sera obtenue :

- par le choix de structures ayant un **coefficient d'amortissement anélastique élevé**.
- par l'ajout de **systèmes amortisseurs**
- par l'**endommagement maîtrisé** des éléments structuraux ou non structuraux (domaine postélastique).

Equation amortie du mouvement oscillatoire

- $F(\text{inertie}) + F(\text{rappel}) + F(\text{amortis}) = 0$

- $\hat{U} m \cdot x'' + kx + cx' = 0$

- m = masse

- x'' = pseudo-accélération

- k = raideur

- x = déplacement (déformée)

- c = amortissement

- x' = vitesse

Chapitre 1 :

1.1 tremblement de terres (séisme)

Définition : Un séisme ou tremblement de terre est une secousse du sol résultant de la libération brusque d'énergie accumulée par les contraintes exercées sur les roches. Cette libération d'énergie se fait par rupture le long d'une faille, généralement préexistante. Plus rares sont les séismes dus à l'activité volcanique ou d'origine artificielle (explosions par exemple). Le lieu de la rupture des roches en profondeur se nomme le foyer, la projection du foyer à la surface est l'épicentre du séisme. Le mouvement des roches près du foyer engendre des vibrations élastiques qui se propagent, sous la forme de trains d'ondes sismiques, autour et au travers du globe terrestre. Il produit aussi un dégagement de chaleur par frottement, au point de parfois fondre les roches le long de la faille (pseudotachylites).

Origine : Un tremblement de terre est une secousse plus ou moins violente du sol qui peut avoir quatre origines :

- ✓ rupture d'une faille ou d'un segment de faille (séismes tectoniques)
- ✓ intrusion et dégazage d'un magma (séismes volcaniques)
- ✓ « craquements » des calottes glaciaires se répercutant dans la croûte terrestre
- ✓ explosion, effondrement d'une cavité (séismes d'origine naturelle ou dus à l'activité humaine)

1.2 propagation des ondes :

Au moment du relâchement brutal des contraintes de la croûte terrestre (séisme), deux grandes catégories d'ondes peuvent être générées. Il s'agit des ondes de volume qui se propagent à l'intérieur de la Terre et des ondes de surface qui se propagent le long des interfaces

Onde de volume : Dans les ondes de volume, on distingue :

- les ondes P ou ondes de compression. Le déplacement du sol se fait par dilatation et compression successives, parallèlement à la direction de propagation de l'onde. Les ondes P sont les plus rapides (6 km/s près de la surface). Ce sont les ondes enregistrées en premier sur un sismogramme ;
- les ondes S ou ondes de cisaillement. Les vibrations s'effectuent perpendiculairement au sens de propagation de l'onde, comme sur une corde de guitare. Plus lentes que les ondes P, elles apparaissent en second sur les sismogrammes

Onde de surface : Les ondes de surface (ondes de Rayleigh, ondes de Love) résultent de l'interaction des ondes de volume. Elles sont guidées par la surface de la Terre, se propagent moins vite que les ondes de volume, mais ont généralement une plus forte amplitude. Généralement ce sont les ondes de surface qui produisent les effets destructeurs des séismes.

1.3 intensité du séisme

La magnitude d'un séisme ne doit pas être confondue avec l'intensité macrosismique (sévérité de la secousse au sol) qui se fonde sur l'observation des effets et des conséquences du séisme sur des indicateurs communs en un lieu donné : effets sur les personnes, les objets, les mobiliers, les constructions, l'environnement. Le fait que ces effets soient en petit nombre ou en grand nombre sur la zone estimée est en soi un indicateur du niveau de sévérité de la secousse. L'intensité est généralement estimée à l'échelle de la commune. On prendra par exemple en compte le fait que les fenêtres ont vibré légèrement ou fortement, qu'elles se sont ouvertes, que les objets ont vibré, se sont déplacés ou ont chuté en petit nombre ou en grand nombre, que des dégâts sont observés, en tenant compte des différentes typologies constructives (de la plus vulnérable à la plus résistante à la secousse), les différents degrés de dégâts (du dégât mineur à l'effondrement total de la construction) et si la proportion des dégâts observés est importante ou non (quelques maisons, ou l'ensemble des habitations)⁹.

Les échelles d'intensité comportent des degrés généralement notés en chiffres romains, de I à XII pour les échelles les plus connues (Mercalli, MSK ou EMS). Parmi les différentes échelles, on peut citer :

- l'échelle Rossi-Forel (aussi notée RF) ;
- l'échelle Medvedev-Sponheuer-Karnik (aussi notée MSK) ;
- l'échelle de Mercalli (notée MM dans sa version modifiée) ;
- l'échelle de Shindo (震度) de l'agence météorologique japonaise ;
- l'échelle macrosismique européenne (aussi notée EMS98) ;

Les relations entre magnitude et intensité sont complexes. L'intensité dépend du lieu d'observation des effets. Elle décroît généralement lorsqu'on s'éloigne de l'épicentre en raison des atténuations dues à la distance (atténuation géométrique) ou au milieu géologique traversé par les ondes sismiques (atténuation anélastique ou intrinsèque), mais d'éventuels effets de site (écho, amplification locale, par exemple par des sédiments ou dans des pitons rocheux) peuvent perturber les courbes moyennes de décroissance que l'on utilise pour déterminer l'intensité et l'accélération maximale du sol qu'ont à subir les constructions sur les sites touchés, ou qu'ils auront à subir sur un site précis lorsqu'on détermine un aléa sismique.

Statistiquement, à 10 kilomètres d'un séisme de magnitude 6, on peut s'attendre à des accélérations de 2 mètres par seconde au carré, des vitesses du sol de 1 mètre par seconde et des déplacements d'une dizaine de centimètres; le tout, pendant une dizaine de secondes

1.4 magnitude de séisme

La puissance d'un tremblement de terre peut être quantifiée par sa magnitude, notion introduite en 1935 par le sismologue Charles Francis Richter⁸. La magnitude se calcule à partir des différents types d'ondes sismiques en tenant compte de paramètres comme la distance à l'épicentre, la profondeur de l'hypocentre, la fréquence du signal, le type

de sismographe utilisé, etc. La magnitude est une fonction continue logarithmique⁸: lorsque l'amplitude des ondes sismiques est multipliée par 10, la magnitude augmente d'une unité. Ainsi, un séisme de magnitude 7 provoquera une amplitude dix fois plus importante qu'un événement de magnitude 6, cent fois plus importante qu'un de magnitude 5.

La magnitude, souvent appelée magnitude sur l'échelle de Richter, mais de manière impropre, est généralement calculée à partir de l'amplitude ou de la durée du signal enregistré par un sismographe⁸. Plusieurs valeurs peuvent être ainsi calculées (Magnitude locale M_L , de durée M_D , des ondes de surfaces M_S , des ondes de volumes M_B). Ces différentes valeurs ne sont pas très fiables dans le cas des très grands tremblements de terre. Les sismologues lui préfèrent donc la magnitude de moment M_W , qui est directement reliée à l'énergie libérée lors du séisme⁸. Des lois d'échelle relient cette magnitude de moment à la géométrie de la faille (surface), à la résistance des roches (module de rigidité) et au mouvement cosismique (glissement moyen sur la faille)

Chapitre 3 : Règlement parasismique algérien

3.1 Introduction :

Le risque sismique est lié à l'aléa sismique et à la vulnérabilité de la construction, raison pour laquelle une démarche globale de conception parasismique dans la construction doit être mise en place. Elle doit s'appuyer sur le respect de la réglementation parasismique, la conception architecturale parasismique et la mise en œuvre

L'application des règles parasismiques actuelles concerne le calcul des charges sismiques et les dispositions constructives. Leur application est obligatoire pour toutes les constructions abritant des personnes, situées dans toutes les zones sauf 0.

La philosophie des règles consiste à préserver les vies humaines ; avant tout, l'objectif est de prévenir les risques d'effondrement des planchers et des murs. Les règles admettent éventuellement des dommages structuraux dans des éléments tels que les poutres mais surtout pas au niveau des poteaux sous peine d'effondrement.

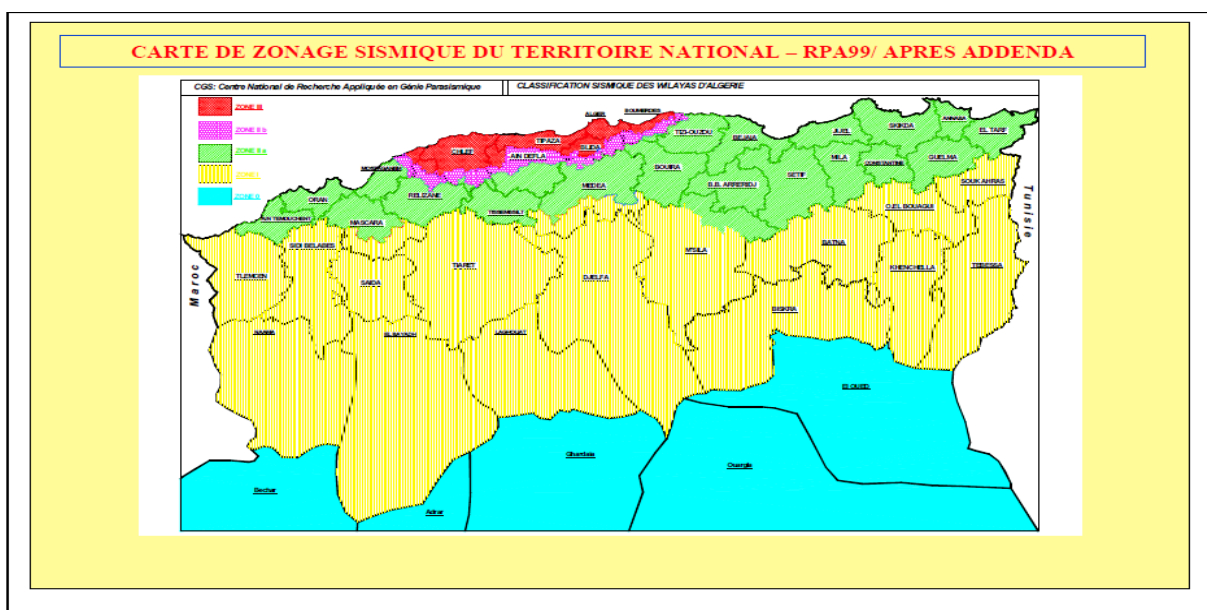
3.2 Les versions du Règles parasismiques algériennes

La réglementation parasismique est le document technique "DTR BC 2-48" dit : "REGLES PARASISMIQUES ALGERIENNES RPA99" . La première version a été RPA81 qui fut suivie par le RPA81 version de 1983 après le séisme de Chlef du 10 Octobre 1980 .La troisième version RPA88 a été suivie par la version RPA99. Les règles RPA99 tiennent compte des errements des séismes tels que le tremblement de terre de Oued Djer (Algérie) en octobre 1988 et celui d'Ain Témouchent en 22.12.1999. Ainsi elle introduit 4 sites de sol au lieu des 2 sites (sol meuble et sol ferme) du RPA88. Enfin le RPA99 version 2003, est en vigueur après le séisme du 21 Mai 2003.

- Application du RPA99 :

Le RPA99 est applicable à toutes les constructions courantes. Il n'est pas directement applicable aux constructions telles que les ouvrages d'art et ceux enterrés.

3.3 Zones sismiques



Il est défini 4 zones sismiques classées comme suit :

1. Zone 0 : Sismicité négligeable
2. Zone 1 : Sismicité faible
3. Zone 2a,2b : Sismicité moyenne
4. Zone 3 : Sismicité élevée

3.5 Catégories et critères de classification

Les sites sont classés en quatre (04) catégories selon les propriétés mécaniques des sols

Catégories S1 (site Rocheux) : Roche ou autre formation géologique caractérisée par une vitesse moyenne d'onde de cisaillement $V_s = 800$ m/s

Catégories S2 (Site ferme) : Des gravillons ou du sable très denses et / ou des gisements d'argile consolidés d'une épaisseur de 10 à 20 mètres et $V_s \geq 400$ m / s à une profondeur de 10 mètres

Catégories S3 (Site meuble) : Des dépôts épais de gravier et de sable modérément denses et d'argile modérément rigide avec $V_s \geq 200$ m / s d'une profondeur de 10 mètres.

Catégories S4 (site très meuble) :

- dépôt de sable lâche avec ou sans argile douce avec $V_s < 200$ m / s dans les 20 premiers mètres.
- l'argile moue à modérément raide avec $V_s < 200$ m / s dans les 20 premiers mètres.

D'autre part, outre les valeurs moyennes des vitesses de l'onde de cisaillement, les valeurs moyennes harmoniques des autres résultats d'essai (CPT, SPT, pressiomètre, ...) peuvent être utilisées pour classification d'un site selon le tableau suivant:

Table 3.2. : Classification of sites

Category	Description	\bar{q}_c (MPa) (c)	\bar{N} (d)	\bar{p}_l (MPa) (e)	\bar{E}_p (MPa) (f)	\bar{q}_u (MPa) (g)	\bar{V}_s (m/s) (h)
S ₁	Rocky(a)	-	-	>5	>100	>10	≥ 800
S ₂	Firm	>15	>50	>2	>20	>0.4	≥ 400 -<800
S ₃	Soft	1.5 - 15	10 - 50	1 - 2	5 - 20	0.1 - 0.4	≥ 200 -<400
S ₄	Very soft or presence of more than 3m of soft clay (b)	<1.5	<10	<1	<5	<0.1	≥ 100 -<200

- a) La valeur de la vitesse de vague de la roche doit être mesurée in situ ou estimée dans le cas d'une roche faiblement altérée. Les roches molles ou très altérées pourraient être classées dans la catégorie S2 dans le cas où les V_s n'ont pas été mesurés in situ. Le site

ne pouvait pas être classé dans la catégorie S1. Il existe 3 m de sol entre la surface du lit-roche et le niveau inférieur des semelles isolées.

b) L'argile molle se caractérise par un indice de plasticité $I_p > 20$, une teneur en eau naturelle $W_n \geq 40\%$, une résistance non découpée $C_u < 25$ kPa et une vitesse d'onde de cisaillement < 150 m / s.

c) CPT

$$q_c = \frac{\sum_1^n h_i}{\sum_1^n \left(\frac{h_i}{q_{ci}} \right)} \quad h_i \text{ L'épaisseur de la couche de sol}$$

q_{ci} : Valeur CPT à travers la couche de sol

d) essais SPT

$$N = \frac{\sum_1^n h_s}{\sum_1^n \left(\frac{h_i}{N_i} \right)} \quad N < 100 \text{ inférieur au nombre de coups moyens non corrigé enregistré à travers la couche d'épaisseur } h_i$$

h_s L'épaisseur totale des couches de sols granulaire

e) pressiomètre :

$$p = \frac{\sum_1^n h_i}{\sum_1^n \left(\frac{h_i}{p_i} \right)} \quad p \text{ Pression limite moyenne à travers la couche de sol}$$

$$E_p = \frac{\sum_1^n h_i}{\sum_1^n \left(\frac{h_i}{E_{pi}} \right)} \quad E_p \text{ Module perssiometrique moyen a travers la couche de sol}$$

f) résistance à la compression

$$\bar{q}_u = \frac{h_c}{\sum_1^n \left(\frac{h_i}{q_{ui}} \right)} \quad h_c : \text{L'épaisseur totale de sol cohésif}$$

q_{ui} : La résistance à la compression non confiné

g) la vitesse de l'onde cisaillement

$$\bar{V}_s = \frac{h_c}{\sum_1^n \left(\frac{h_i}{V_{si}} \right)} \quad V_{si} : \text{La vitesse de l'onde cisaillement à travers la couche de sol (i)}$$

3.4 Les règles de conception générale

RPA comporte des règles de conceptions pour les ouvrages dans le but de minimiser l'effet sismique sur le comportement des structures

Ces règles comportent les éléments suivants

- Choix de site
- Reconnaissance et étude de sol
- Implantation des ouvrages
- Infrastructure et fondation
- Superstructure
 - ✓ Régularité
 - ✓ Joint matériau et technique de construction
 - ✓ Système structurel
 - ✓ Ductilité
 - ✓ Élément non structuraux
- Modélisation et méthode de calculs

3.5 Méthode de calcul dans RPA

Les méthodes utilisables pour le calcul sismique

- La méthode statique équivalente
- La méthode modale spectrale
- La méthode d'analyse dynamique par accélérogrammes

3.5.1 Les conditions d'application de la méthode statique équivalente

La méthode statique équivalente peut être utilisée dans les conditions suivantes

- a) Bâtiment ou bloc étudié satisfaisant aux conditions de régularité en plan et en élévation avec une hauteur au plus égale 65m zone 1 et 2a, 30m pour Zone 2b et 3
- b) Si le bâtiment présente une certaine irrégularité tout en respectant les conditions de hauteur il faut ajouter des restrictions concernant les groupes d'usage prescrites dans RPA

3.5.2 Les conditions d'application de la méthode modale spectrale

La méthode d'analyse modale spectrale peut être utilisée dans tous les cas et en particulier où la méthode statique équivalente n'est pas permise

3.5.3 Les conditions d'application de la méthode dynamique

La méthode dynamique par accélérogramme peut être utilisée par un personnel qualifié ayant justifié auparavant les choix des séismes de calcul et loi de comportement utilisées ainsi que la méthode d'interprétation des résultats et critère de sécurité satisfaisant

3.6 Calculs de la force sismique totale

La force sismique totale V, appliquée à la base de la structure doit être calculée successivement dans les deux directions horizontales orthogonales selon la formule suivante

$$V = \frac{ADQ}{R} W$$

A : coefficient d'accélération de la zone

D : Facteur d'amplification dynamiques

Q : facteur de qualité

R ; coefficient de comportement global de la structure

L'échelle de Mercalli (1902)

Elle comporte 12 degrés basés sur ce qu'ont ressenti les personnes ainsi que sur l'analyse des dégâts. C'est une échelle empreinte de subjectivité. Elle a été modifiée à plusieurs reprises, la dernière fois en 1931.

Intensité	Observations
I	Aucun mouvement perceptible.
II	Les vibrations ne sont perceptibles que pour les personnes au repos et dans les étages supérieurs.
III	Légers mouvements ressentis à l'intérieur mais pas à l'extérieur. Les objets suspendus bougent.
IV	Bruits dus aux objets qui s'entrechoquent (vaisselle, portes et fenêtres...)
V	Réveil des personnes endormies, les portes claquent, la vaisselle se brise, les petits objets se déplacent, les arbres oscillent, les liquides oscillent et débordent.
VI	Les gens ont des troubles de l'équilibre, les objets muraux tombent, le plâtre des murs peut se fendre, la végétation oscille. Les vieux bâtiments se lézarde, mais aucun dommage structural.
VII	La station debout pose problème, des meubles peuvent se briser, des briques peuvent se détacher. Les dommages sont modérés pour les bâtiments récents.
VIII	Les structures hautes (cheminées ou immeubles) peuvent se tordent et se briser. La structure des bâtiments solides ne souffre pas, contrairement aux autres qui en subissent de sévères. Les branches des arbres se cassent.
IX	Tous les immeubles subissent de gros dommages. Les maisons sans fondations se déplacent. Quelques conduits souterrains se brisent. La terre se fissure.
X	La plupart des bâtiments sont détruits ainsi que les ouvrages d'art. Les barrages sont endommagés. Des éboulements se produisent. L'eau est détournée de son lit. De larges fissures apparaissent sur le sol. Les rails de chemin de fer se courbent.
XI	La plupart des constructions s'effondrent. Les ponts et les conduits souterrains sont détruits.
XII	Toute construction est détruite. Le sol ondule. Des failles se produisent.

Échelle macrosismique européenne ou EMS 98

En Europe, on utilise désormais l'EMS 98 à 12 degrés, elle est dérivée de l'échelle MSK. La France l'a adoptée en janvier 2000.

Intensité	Définition	Observations
I	Non ressenti	Non ressenti
II	Rarement ressenti	Ressenti uniquement par quelques personnes au repos dans une position favorable, à l'intérieur des bâtiments.
III	Faible	Ressenti à l'intérieur des habitations par quelques personnes. Les personnes au repos ressentent une vibration ou un léger tremblement.
IV	Largement observé	Ressenti à l'intérieur des habitations par de nombreuses personnes, à l'extérieur par un petit nombre. Quelques personnes sont réveillées. Les fenêtres, les portes et la vaisselle vibrent.
V	Fort	Ressenti à l'intérieur des habitations par la plupart, à l'extérieur par quelques personnes. De nombreux dormeurs se réveillent. Quelques personnes sont effrayées. Les bâtiments tremblent dans leur ensemble. Les objets suspendus se balancent fortement. Les petits objets sont déplacés. Les portes et les fenêtres s'ouvrent ou se ferment.
VI	Dégâts légers	De nombreuses personnes sont effrayées et se précipitent dehors. Chute d'objets. De nombreuses maisons subissent des dégâts non structuraux comme de très fines fissures et des chutes de petits morceaux de plâtre.
VII	Dégâts	La plupart des personnes sont effrayées et se précipitent dehors. Les meubles se déplacent et beaucoup d'objets tombent des étagères. De nombreuses maisons ordinaires bien construites subissent des dégâts modérés : petites fissures dans les murs, chutes de plâtres, chute de parties de cheminées ; des bâtiments plus anciens peuvent présenter de larges fissures dans les murs et la défaillance des cloisons de remplissage.
VIII	Dégâts importants	De nombreuses personnes éprouvent des difficultés à rester debout. Beaucoup de maisons ont de larges fissures dans les murs. Quelques bâtiments ordinaires bien construits présentent des défaillances sérieuses des murs, tandis que des structures anciennes peu solides peuvent s'écrouler.
IX	Destructions	Panique générale. De nombreuses constructions peu solides s'écroulent. Même des bâtiments bien construits présentent des dégâts très importants : défaillances sérieuses des murs et effondrement structural partiel.
X	Destructions importantes	De nombreux bâtiments bien construits s'effondrent.
XI	Catastrophe	La plupart des bâtiments bien construits s'effondrent, même ceux ayant une bonne conception parasismique sont détruits.
XII	Catastrophe généralisée	Pratiquement tous les bâtiments sont détruits.

· Magnitude locale M_L :

on l'utilise pour des séismes proches dits séismes locaux. Elle est définie à partir de l'amplitude maximale des ondes de volume. Elle est toujours moyennée sur plusieurs stations en tenant compte des corrections locales.

Magnitude de Richter :

$$M_L = \log A - 2,48 + 2,76 \log \delta$$

où A est l'amplitude mesurée en mm et δ est la distance en km

· Magnitude de durée M_D

on l'utilise également pour des séismes proches mais elle est définie à partir de la durée du signal.

$$M_D = \log t + a + c \log \delta$$

où t est la durée du signal mesuré en s , a et c des constantes d'étalonnage et δ est la distance en km

· Magnitude des ondes de surface M_S :

Elle est utilisée pour les séismes lointains, dits télé-séismes, dont la profondeur est inférieure à 80 km . Elle se calcule à partir de l'amplitude des ondes de surface.

$$M_S = \log A/T + a + c \log \delta$$

où A est l'amplitude du mouvement du sol en μm où T est la pseudo-période de l'onde mesuré en s a et c sont des constantes d'étalonnage et δ est la distance en km

· Magnitude des ondes de volume M_B :

cette magnitude est définie pour tous les télé-séismes et en particulier pour les séismes profonds, car ceux-ci génèrent difficilement des ondes de surface. Elle est calculée à partir de l'amplitude de l'onde P qui arrive au début du sismogramme.

$$M_B = \log A/T + a + c \log \delta$$

où A est l'amplitude du mouvement du sol en μm où T est la pseudo-période de l'onde mesuré en s a et c sont des constantes d'étalonnage et δ est la distance en km

· Magnitude d'énergie ou de Kanamori 1978 M_W :

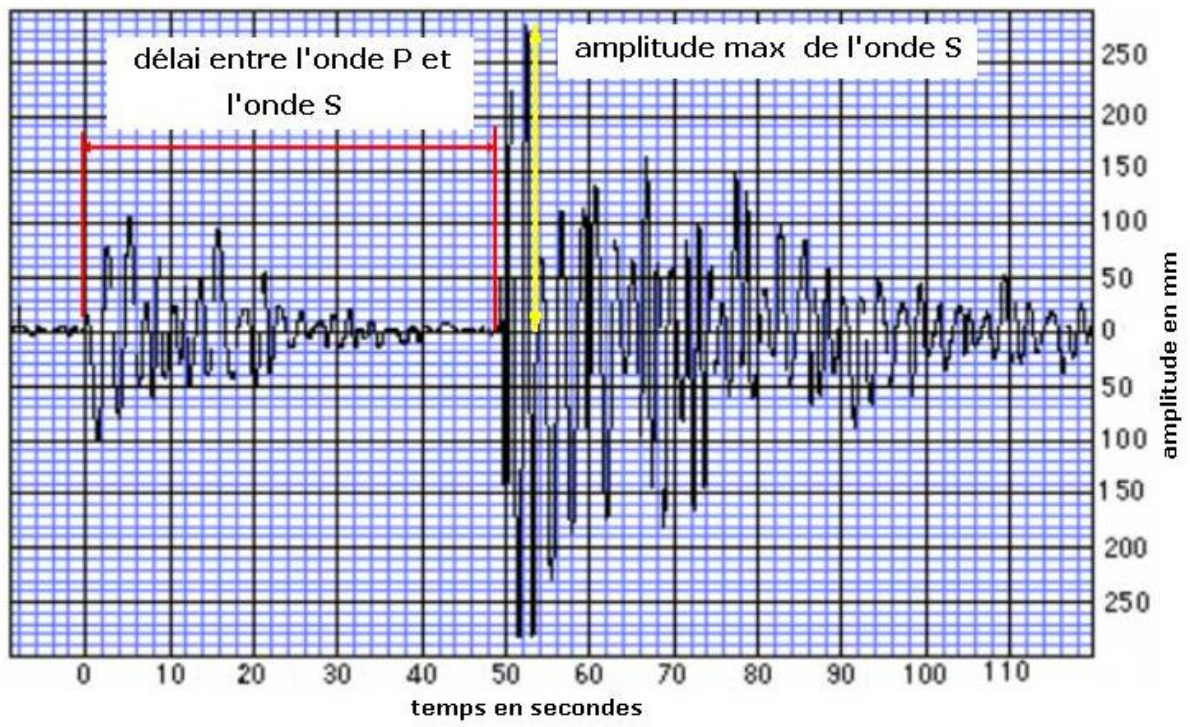
Elle est définie pour les très gros séismes. Elle est calculée à partir d'un modèle physique de source sismique et est reliée au moment sismique m_0 :

$$M_W = \log(m_0/1,5) - 6,0$$

$$m_0 = \mu.S.D$$

avec:

- μ : rigidité du milieu
- S : Déplacement moyen sur la faille
- D : Surface de la faille



Exercice : Sismique

1°) Définissez les termes séismes, foyer, épicentre

2°) Explicitez les différentes ondes sismiques que vous connaissez. Quels sont les points communs et les différences entre les ondes P et les ondes S ?

3°) Commentez précisément l'enregistrement sismique présenté sur la figure 1

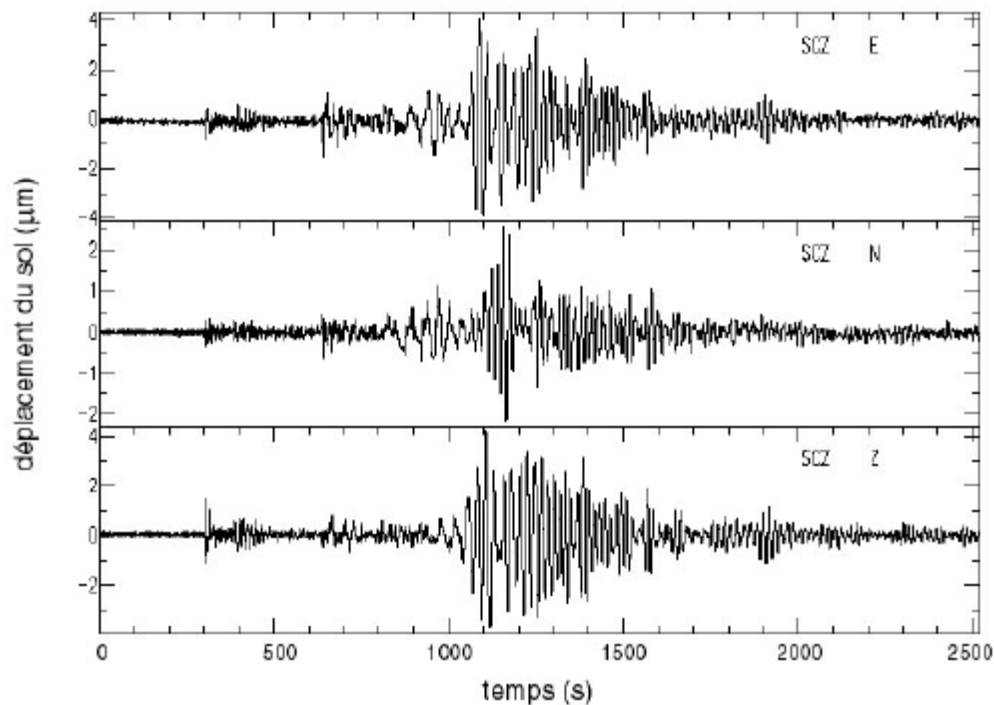


Figure 1 : Enregistrement du séisme de magnitude 6,5, qui s'est produit le 21 janvier 2003, à 2h 48 min et 46 s au Guatemala. La station sismique SCZ est située près de Santa Cruz (Californie), à 3970 km de l'épicentre du séisme. Cette station fait partie du réseau français GEOSCOPE de sismologie globale.

4°) Établir la relation qui permet de calculer la distance d qui sépare l'épicentre d'un séisme de la station sismique à laquelle il est enregistré, à partir de la vitesse de propagation des ondes P V_p et des ondes S V_s et du délai d'arrivée des ondes S par rapport aux ondes P t_s-p .

On fera les hypothèses simplificatrices qui suivent, et qui sont valables à l'échelle régionale :

- les ondes se propagent quasiment à la surface du globe dans un milieu homogène
- le rayon de courbure de la Terre est négligeable.

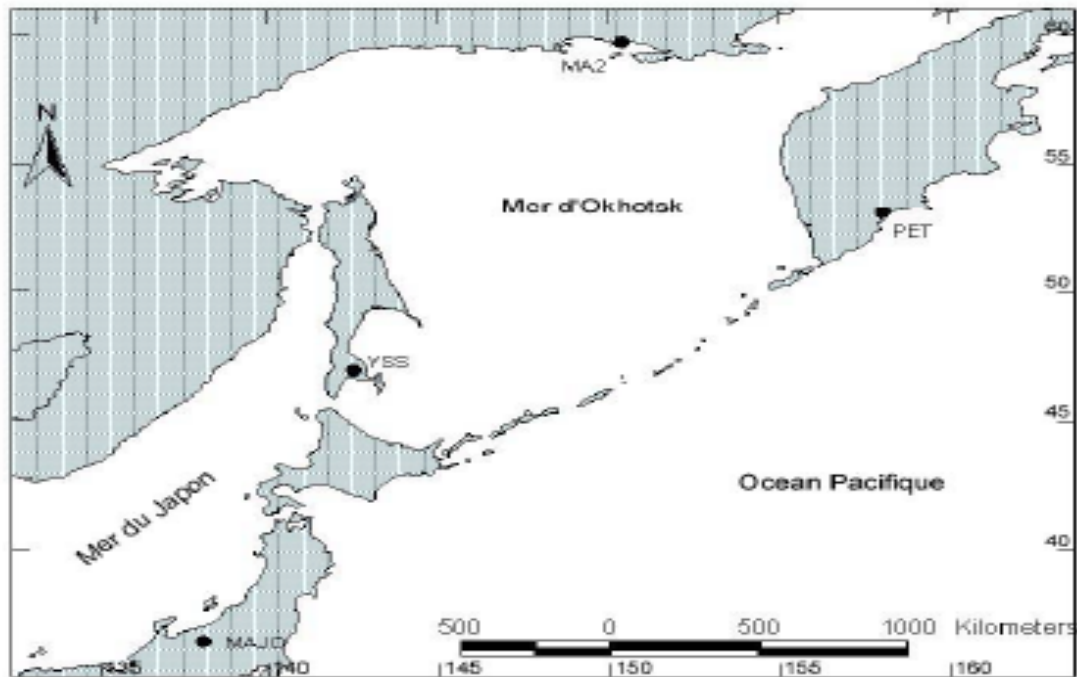
5°) Preuve de l'activité intense de la Terre, un autre séisme s'est produit le 20 janvier 2003 dans la région Nord- Ouest Pacifique. Les ondes sismiques engendrées lors de cet événement ont été enregistrée par différentes stations sismiques. Leurs heures d'arrivées sont reportées dans le tableau 1 ci-après.

Tableau 1 : Heure d'arrivée des ondes (temps universel UTC), enregistrée par différentes stations sismiques.

Code de la station	Heure d'arrivée UTC (heure : minute : seconde)		déplacement maximum du sol (mm)
	Ondes P	Ondes S	
PET	03 : 02 : 04	03 : 02 : 52	3,67
MA2	03 : 03 : 42	03 : 05 : 48	0,16
YSS	03 : 04 : 19	03 : 06 : 54	0,12
MAJO	03 : 06 : 25	03 : 10 : 40	0,035

6°) Sachant que $v_p = 7,74 \text{ km.s}^{-1}$ et $v_s = 4,32 \text{ km.s}^{-1}$, calculer les distances au séisme des 4 stations.

7°) Donner la méthode permettant de localiser l'épicentre du séisme sur la carte .



Document 1 : Carte de la région Nord-Ouest Pacifique, et localisation des stations sismiques PET, YSS, MA2 et MAJO où un séisme a été enregistré le 20 janvier 2003.

Corrigé

Exercice : Sismique

1°) Séisme = ébranlement brutal du sol provoqué par le mouvement relatif de 2 compartiments rocheux.

Foyer = lieu précis où se produit la rupture initiale et la libération d'énergie

épicentre = projection du foyer à la surface du sol

2°)

Ondes de volume qui circulent en profondeur = ondes de volume P et S

Ondes L qui cheminent en surface ondes P (premières) = ondes longitudinales ou de compression-dilatation ondes S (secondes) transversales ou de cisaillement, ne se propage pas dans les liquides

Ondes L plus lentes.

Les 3 enregistrements correspondent aux enregistrements de 3 sismomètres orientés dans les trois directions de l'espace : 2 dans le plan horizontal et 1 dans le plan vertical. Repérage des ondes P, S et L

3°) On connaît la vitesse de propagation des ondes P = v_p qui arrivent à la station en un temps t_p et la vitesse des ondes S = v_s qui arrivent en un temps $t_p + t_{s-p}$ (retard) et pas la distance D

$$D = v_p t_p = v_s (t_p + t_{s-p})$$

$$t_p = D / v_p$$

$$D = v_s (D / v_p + t_{s-p}) \Leftrightarrow D - D (v_s / v_p) = v_s t_{s-p}$$

$$\Leftrightarrow D = v_s t_{s-p} / (1 - v_s / v_p) = t_{s-p} v_s v_p / (v_p - v_s)$$

4°) $D = 9,8 * t_{s-p}$

PET $48 * 9 = 469 \text{ km}$

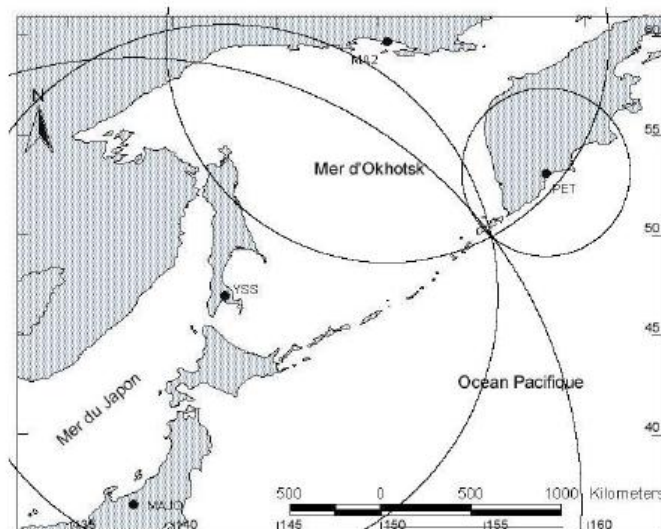
MA2 $126 * 9 = 1232 \text{ km}$

YSS $155 * 9 = 1515 \text{ km}$

MAJO $255 * 9 = 2493 \text{ km}$

5°) Construction graphique = 3 cercles de rayon la distance épocentre/ station

c-



L'épicentre du séisme est localisé à l'intersection des quatre cercles, au niveau de l'arc insulaire des Kouriles.

Exercice chapitre 2

Si l'énergie d'un séisme E_s dans l'instant $t=A$ et si $E_c=0$ que doit être E_d et E_p ?

Si l'énergie dissipée dans un cycle est $1/8$ de A combien de cycles oscille la structure ?

Exercice 1 :

Soit une masse M attachée à un ressort élastique qui s'allongerait de V sous l'action d'une force élastique F

- Déterminer la période propre de système
- Déterminer la raideur K de ressort

$M= 1\text{kg}$; $V=0.01\text{m}$, $F=10\text{N}$

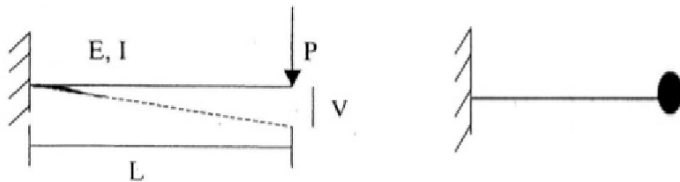
Exercice 2 :

Soit la console donnée par la figure suivante

- Déterminer la charge qu'il faut appliquer à l'extrémité libre de cette console pour la faire déplacer verticalement d'un déplacement V
- Que représente le coefficient K qui donne la relation $P=KV$
- Si on considère que la masse M de la console est concentrée à l'extrémité libre de la console et qu'on relâche cette extrémité une fois déplacé de V

Déterminer la période T de cette console

$E= 210000\text{MPa}$ $L=1$; $I=10000\text{cm}^4$ $M=300\text{Kg}$; $V=0.01\text{m}$



Application

A travers la carte de zonage sismique de l'Algérie déterminé la zone sismique de chaque wilaya

Zone 0	Zone 1	Zone 2a	Zone 2b	Zone 3

2 Donnée l'appartenance de sites suivantes

Site rocheux	Site ferme	site meuble	site très meuble