

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

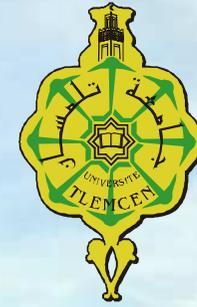
السلام عليكم و رحمة الله



Université Abou-Bekr Belkaid – Tlemcen

Faculté De Technologie

Département de Génie Civil



Option: Infra Structure de Base et Géotechnique

# Étude de la variation spatiale des conditions de site et application à l'analyse dynamique d'un pont.

Présenté par:

**Mr LATTI FARID SÂAD ELLAH  
MLLE HAFHAF RAFIKA**

Encadreur

**Dr MEDDANE.N**

**Dr DERRAS.B**

Président

**Mr HASSAINE.M**

Examineur

**Dr ZENDAGUI.D**

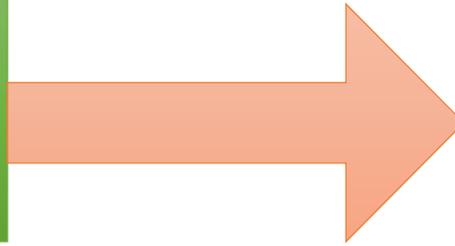
**Dr BENADLA.Z**

Depuis toujours, les catastrophes naturelles surviennent cycliquement, ces catastrophes sont imprévisibles. A cet effet , un travail en amont doit être fait afin de limiter au maximum les dégâts en cernant le mieux possible tous les facteurs influençant et rentrant dans l'équation:

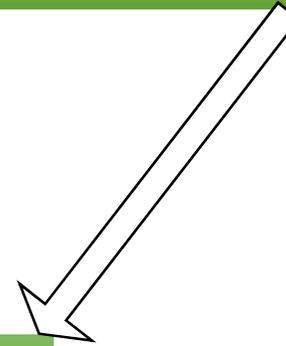


e

La bonne connaissance du comportement des structures sous sollicitations sismiques



Une atténuation des risques



Pour cela il faut

Une Étude de la dynamique des structures  
En prenant en compte la variabilité spatiale  
du mouvement sismique

## Objectif

Étude de la variation spatiale des conditions de site et application à un exemple de pont.

## Plan de travail

- Étude bibliographique et définition.
- Etude de la réponse sismique du sol : Application aux données Italiennes.
- Présentation de l'ouvrage et modélisation
- Analyse dynamique des ponts en considérant l'effet de site.
- Conclusion.

L'une des premières études menées pour modéliser la Variabilité Spatiale du Signal Sismique (VASPA)

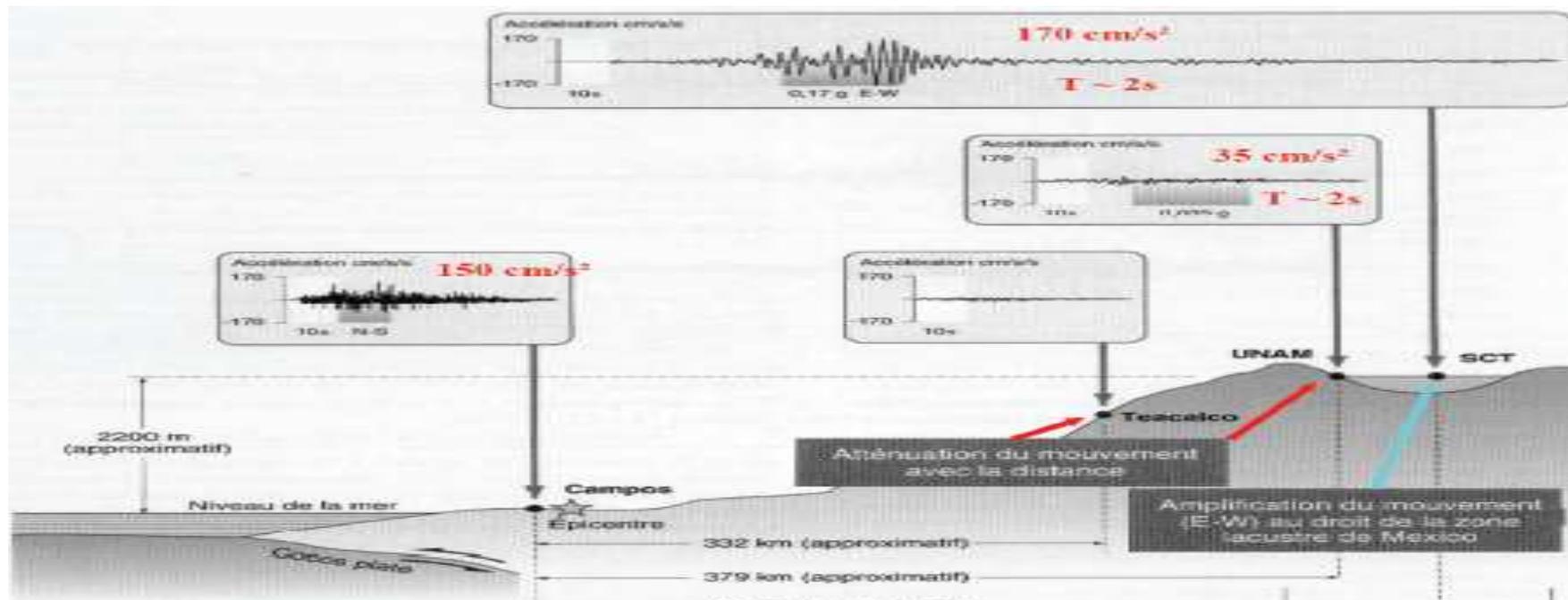
- Les travaux d'Harichandran et de Vanmarcke (1984) basés sur le traitement statistique des données.
- Les travaux de Luco-Wong (1986), de Der Kiureghian (1996) et de Zendagui et al. (1999).

Selon (Der Kuirghian, 1996) La VASPA Elle résulte de ces effets distincts :

- Effet de perte de cohérence.
- L'effet de passage d'onde.
- Effet De Site.



Effet de site ! C'est quoi ?



Les études théoriques montrent que l'amplitude des ondes peut être amplifiée d'un facteur 10 ou 20 par de tels effets.

étude bibliographique et  
définition

Etude de la réponse  
sismique du sol

Présentation de  
l'ouvrage et  
modélisation

Analyse dynamique des  
ponts en considérant l'effet  
de site

CONCLUSION

8



étude bibliographique et  
définition

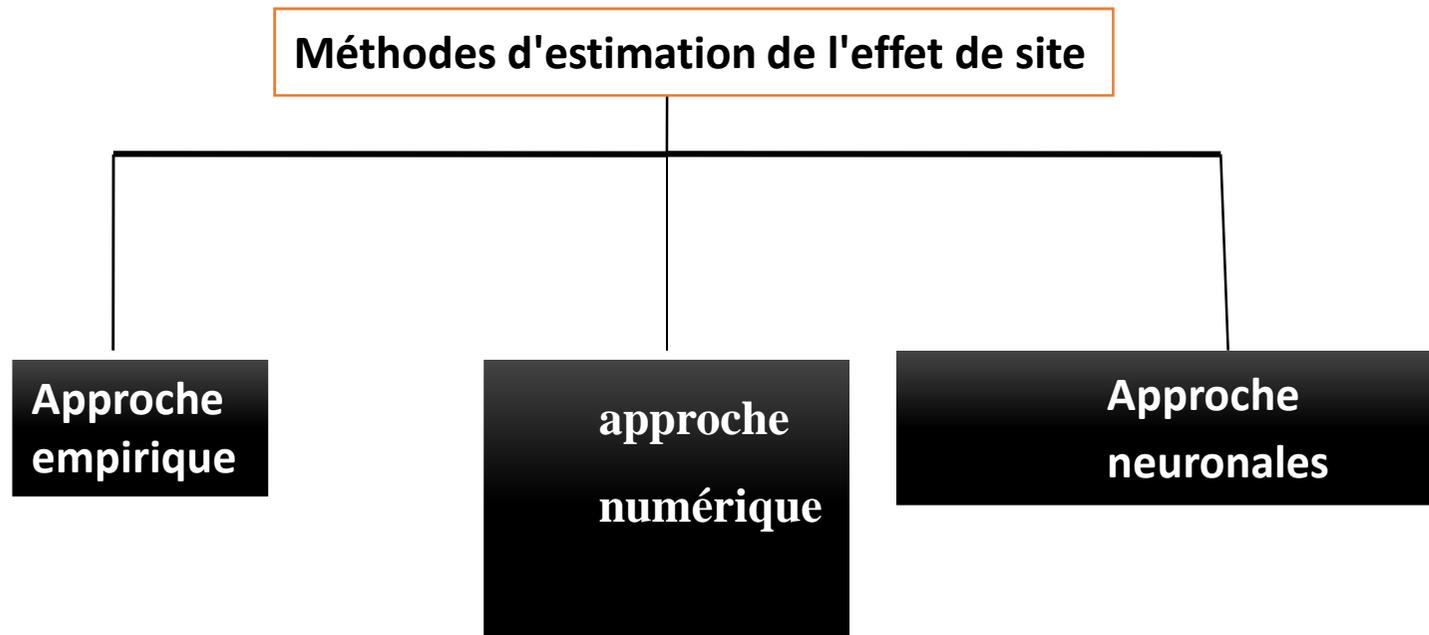
Etude de la réponse  
sismique du sol

Présentation de  
l'ouvrage et  
modélisation

Analyse dynamique des  
ponts en considérant l'effet  
de site

CONCLUSION

9



### **Le règlement parasismique Algérien distingue :**

- Quatre catégories de sites. Ils sont établis à partir des données géotechniques moyennes et spécialement la vitesse d'onde de cisaillement sur les 20 premiers mètres

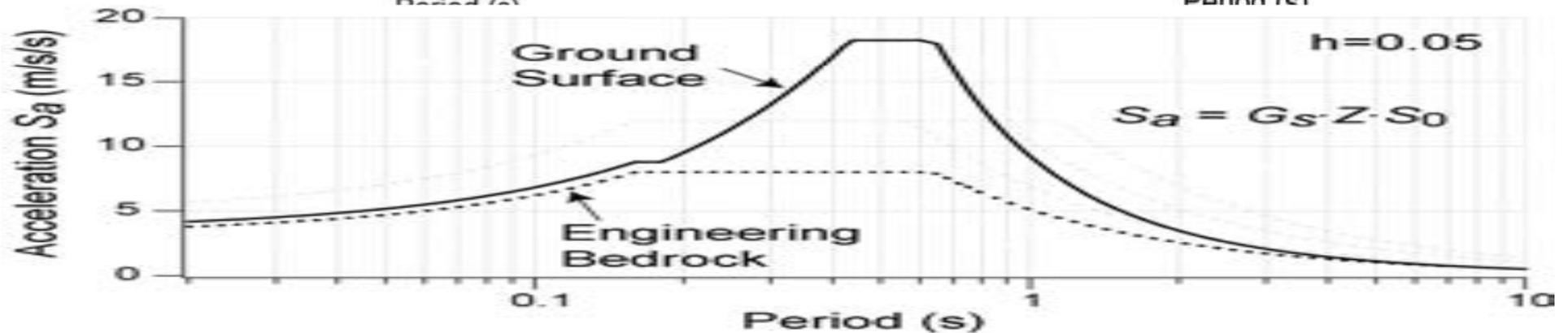
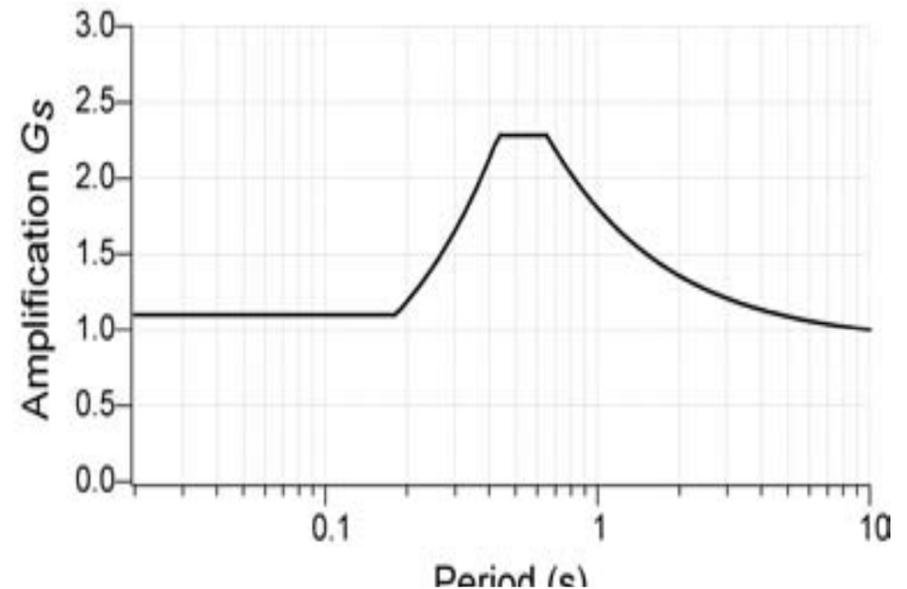
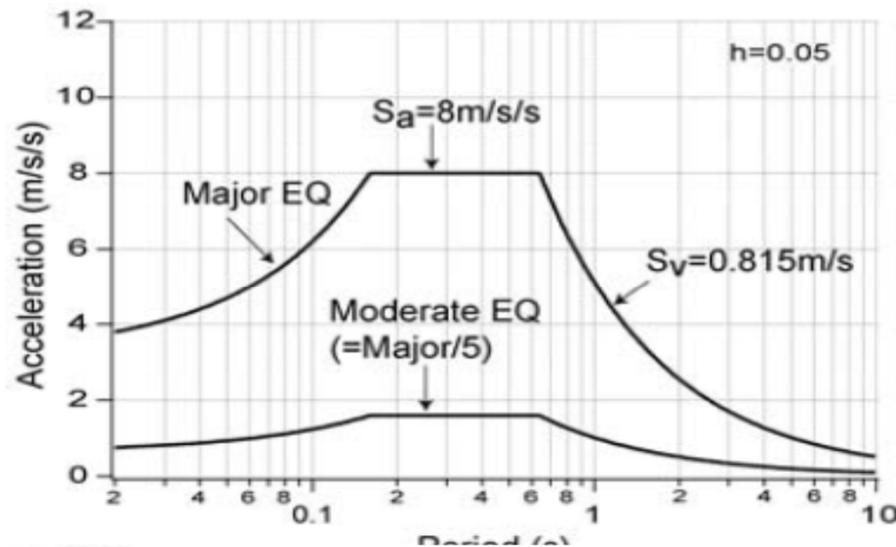
### **Comment les règles algériennes prennent en considération l'effet de site ?**

les RPA ne tient pas en compte de la nature des couches constituant le profil du sol.

### **DONC**

- Une épaisseur de référence plus importante est conseillée .
- La prise en compte de la nature de sol est conseillé

### l'effet de site en Règlement japonaise

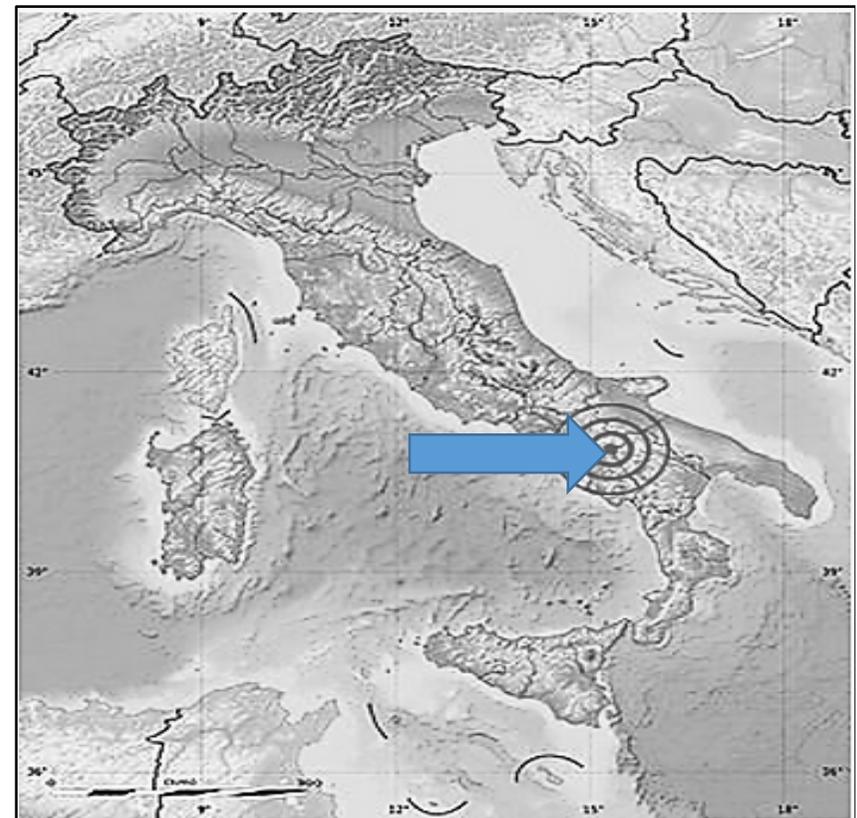


# *Application aux données Italiennes*

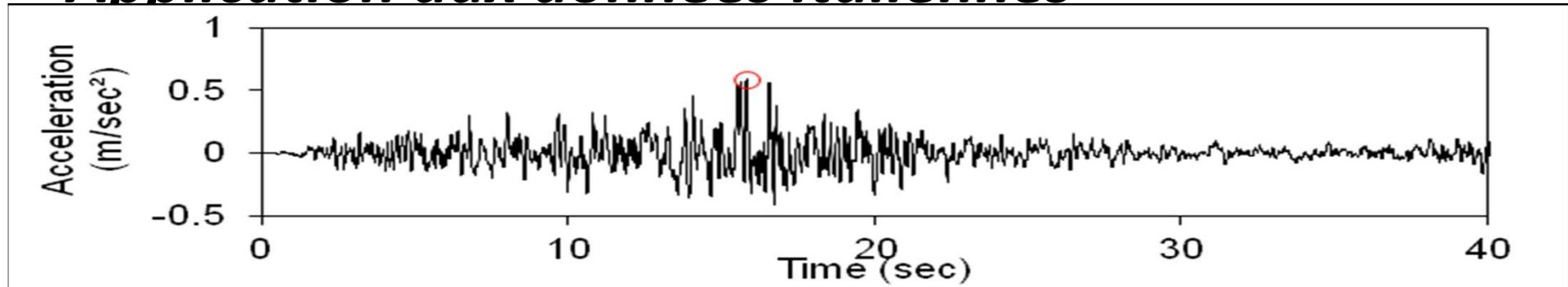
12

## Etude de cas : Séisme de l'Irpinia

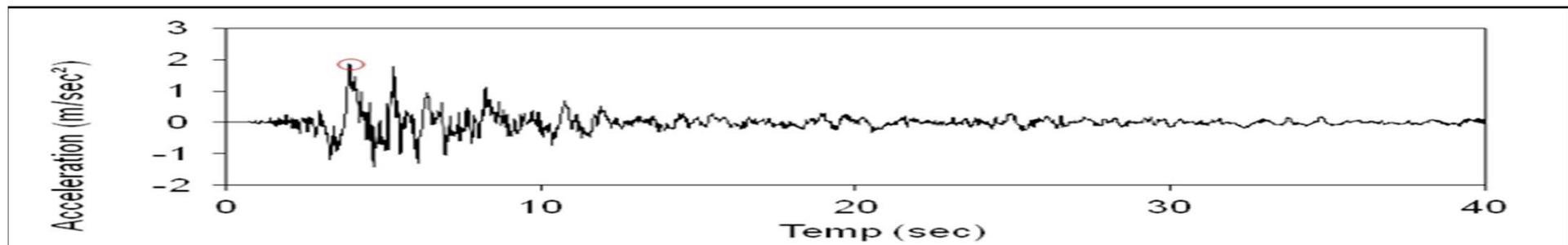
Il s'agit du tremblement de terre du 23 novembre 1980 d'Irpinia en Italie. Ce séisme vionlant avait une magnitude du moment  $M_w$  égale 6.9 avec une profondeur focale de 16 km



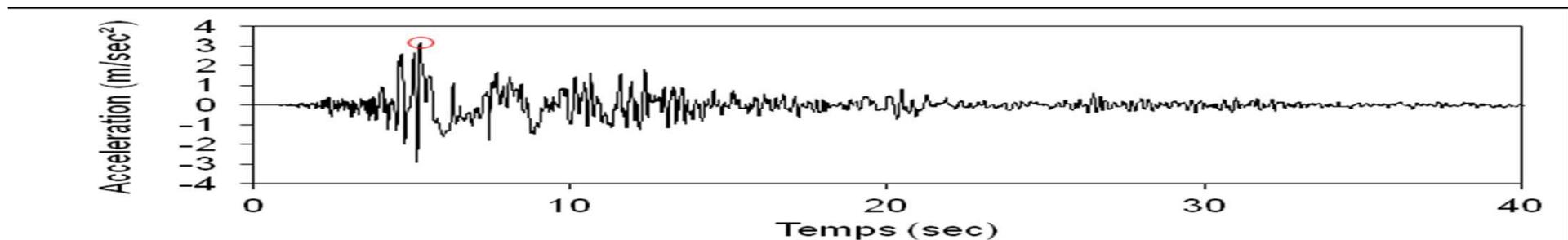
## Application aux données Italiennes



Accélérogramme de la station 1 d'Auletta avec une PGA égale à  $= 0,5921 \text{ m/sec}^2$



Accélérogramme au niveau de la station 2 de Bagnoli Irpino,  $PGA = 1.867 \text{ m/s}^2$



Accélérogramme au niveau de la station 3 (Sturno),  $PGA = 3.19 \text{ m/s}^2$

*Information sur les paramètres des stations et sur les trois niveaux d'enregistrements choisis*

14

Stations de référence		PGV (m/sec)		PGA (m/sec <sup>2</sup> )		CAV (m/sec)	
Numéro	$V_{s30}$ (m/s)	EW	NS	EW	NS	EW	NS
1	1122.197	0.0616	0.0577	0.5756	0.5921	3.4018	3.5689
2	1152.829	0.2005	0.3599	1.3698	1.863	6.9017	7.1925
3	1121.968	0.3595	0.6757	2.1635	3.1993	13.1917	13.0718

**L'étude de l'effet de site est menée en adoptant :**

- Des sites monocouche surmontant un substratum rocheux
  
- **L'amplification du mouvement sismique est analysée en considérant :**
  - La vitesse des ondes de cisaillement moyenne sur trente mètres de profondeur ( $V_{s30}$ )
  - Le Poids spécifique et l'épaisseur de la couche
  - Une profondeur de 30 m pour les couches

**Nota :**

**Le code de calcul EERA (equivalent linear site response analyses) et DeepSoil représentent les outils de base de cette analyse.**

La question qu'on pose:

Est-ce qu'à des différents niveaux d'excitation sismique (trois site de références) la vitesse de cisaillement suffit à elle seule à caractériser un site ?



Nature de sol	épaisseur	Vs (m/s)	Poids spécifique (KN/m <sup>3</sup> )
Argile	30 m	200	19.66
Argile	30 m	400	19.66
Sable	30 m	400	20.45
Roche	30 m	800	21

Paramètres physiques caractérisant un site

La vitesse des ondes de cisaillement sur 30 m

(fréquence de résonance) du site  $f_0$

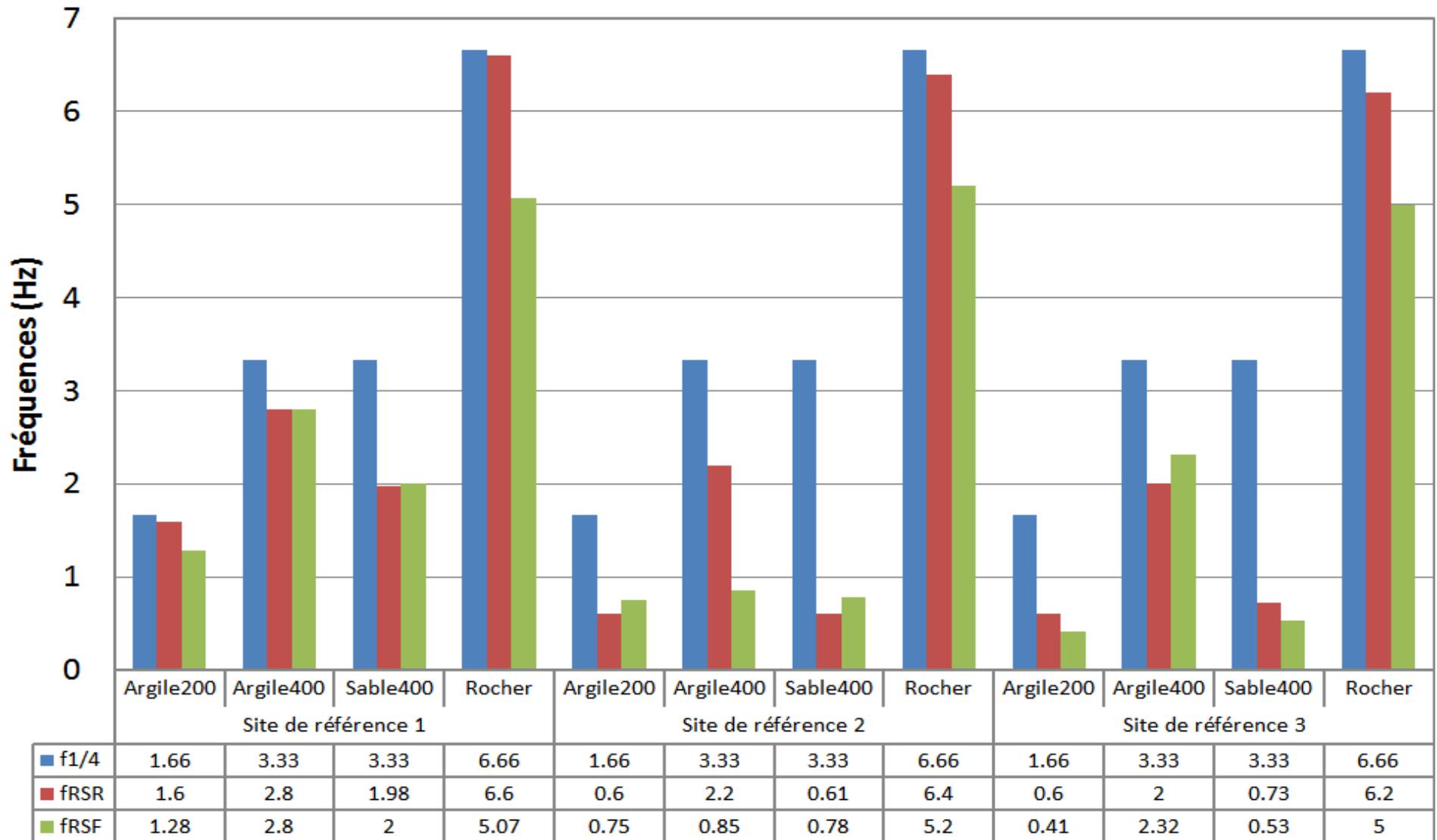
$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n \frac{h_i}{V_{si}}}$$

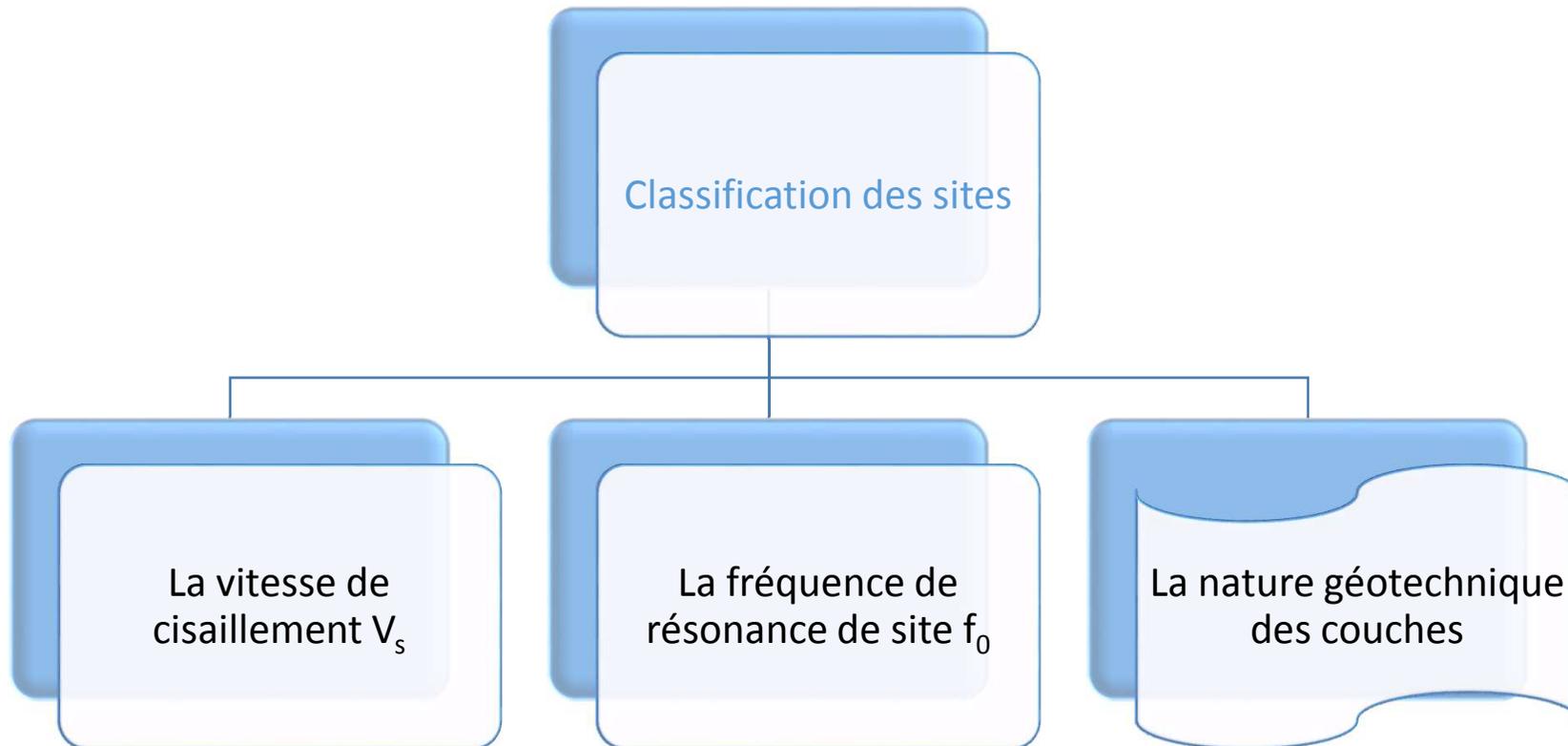
✓ Méthode des Rapports des Spectre de Réponse (RSR)

✓ Méthode de 1/4 d'onde

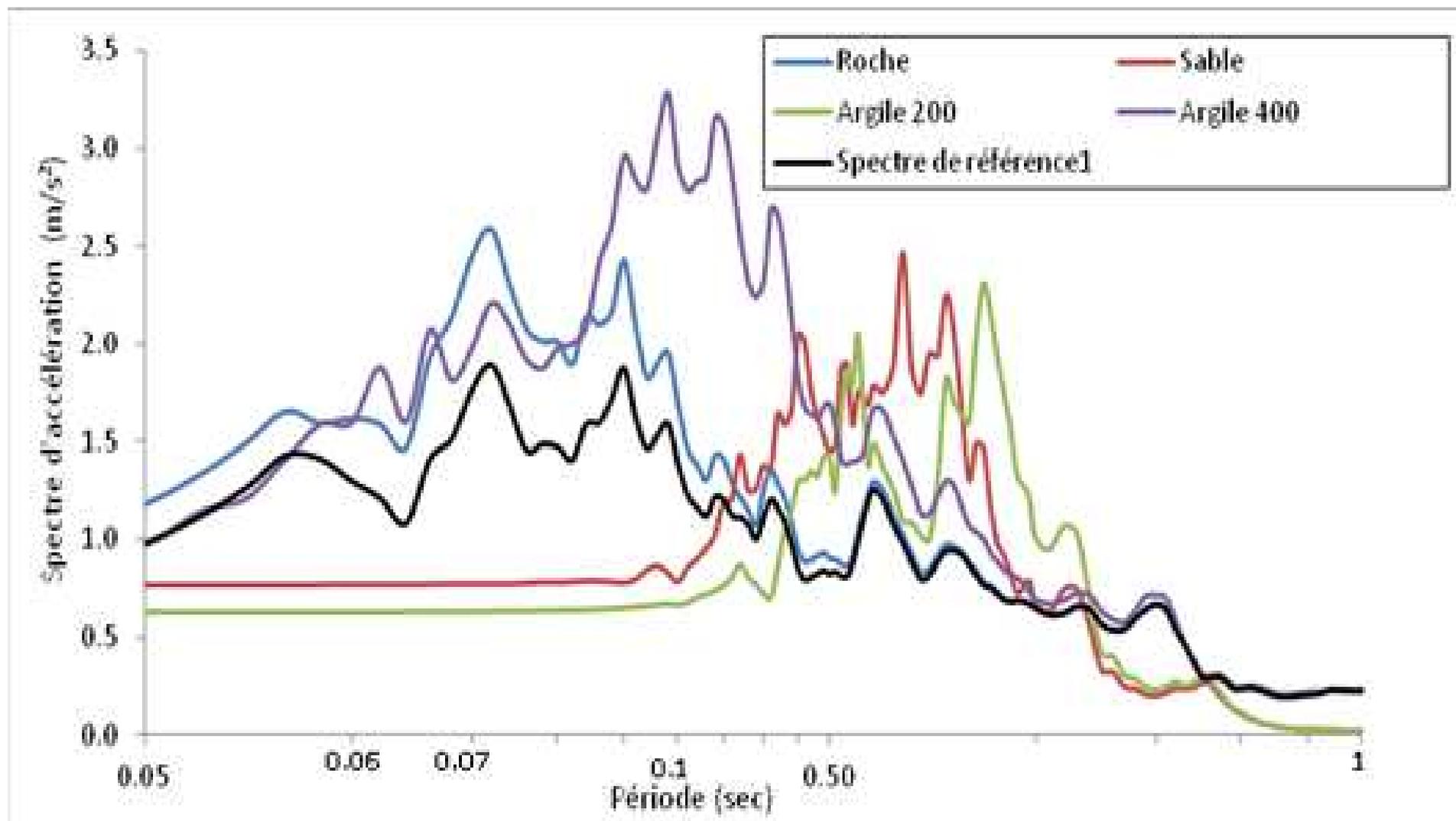
Méthode des Rapports des Spectres de Fourier (RSF)

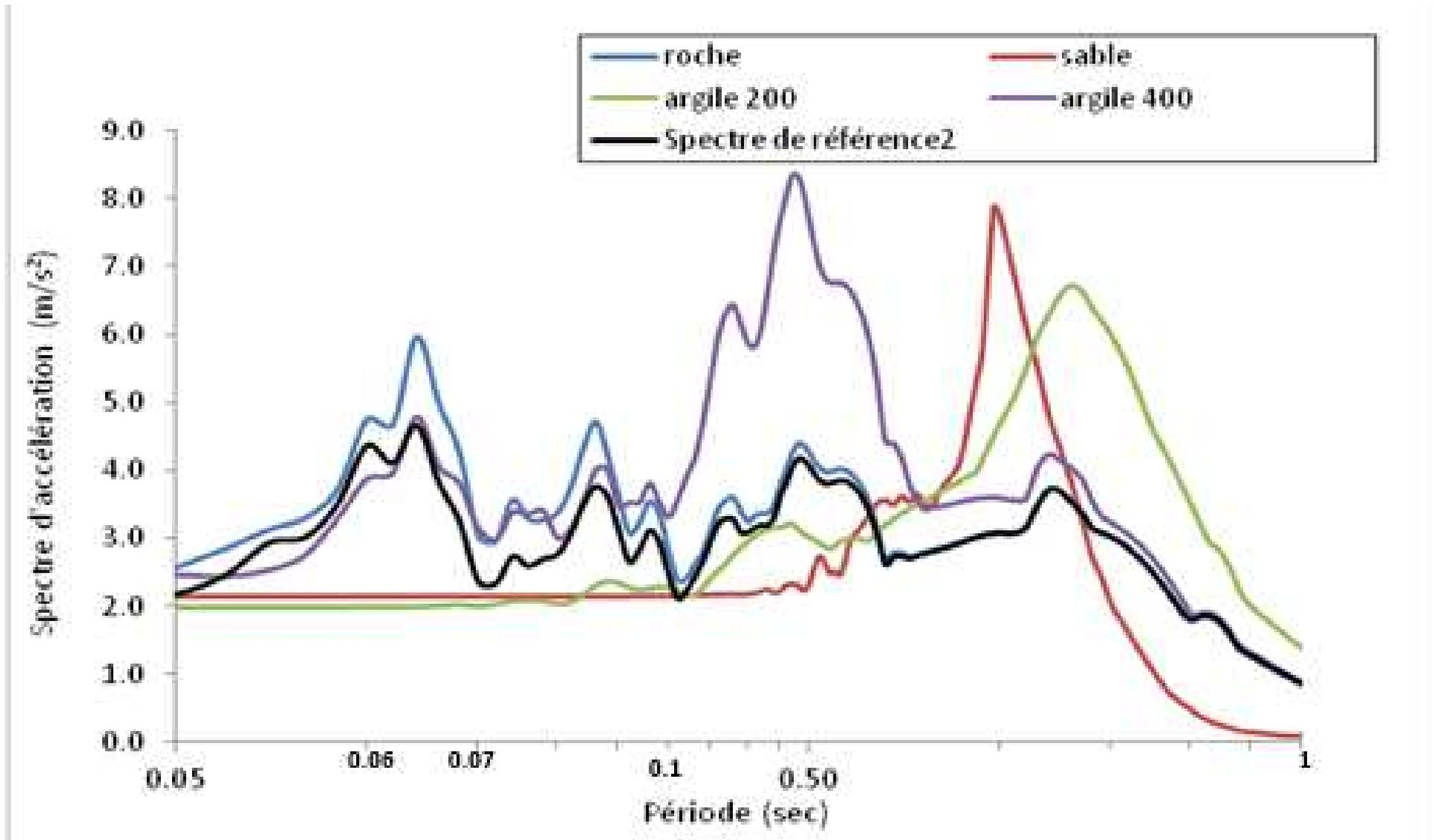
Représentation des résultats donnés par les 3 méthodes proposés

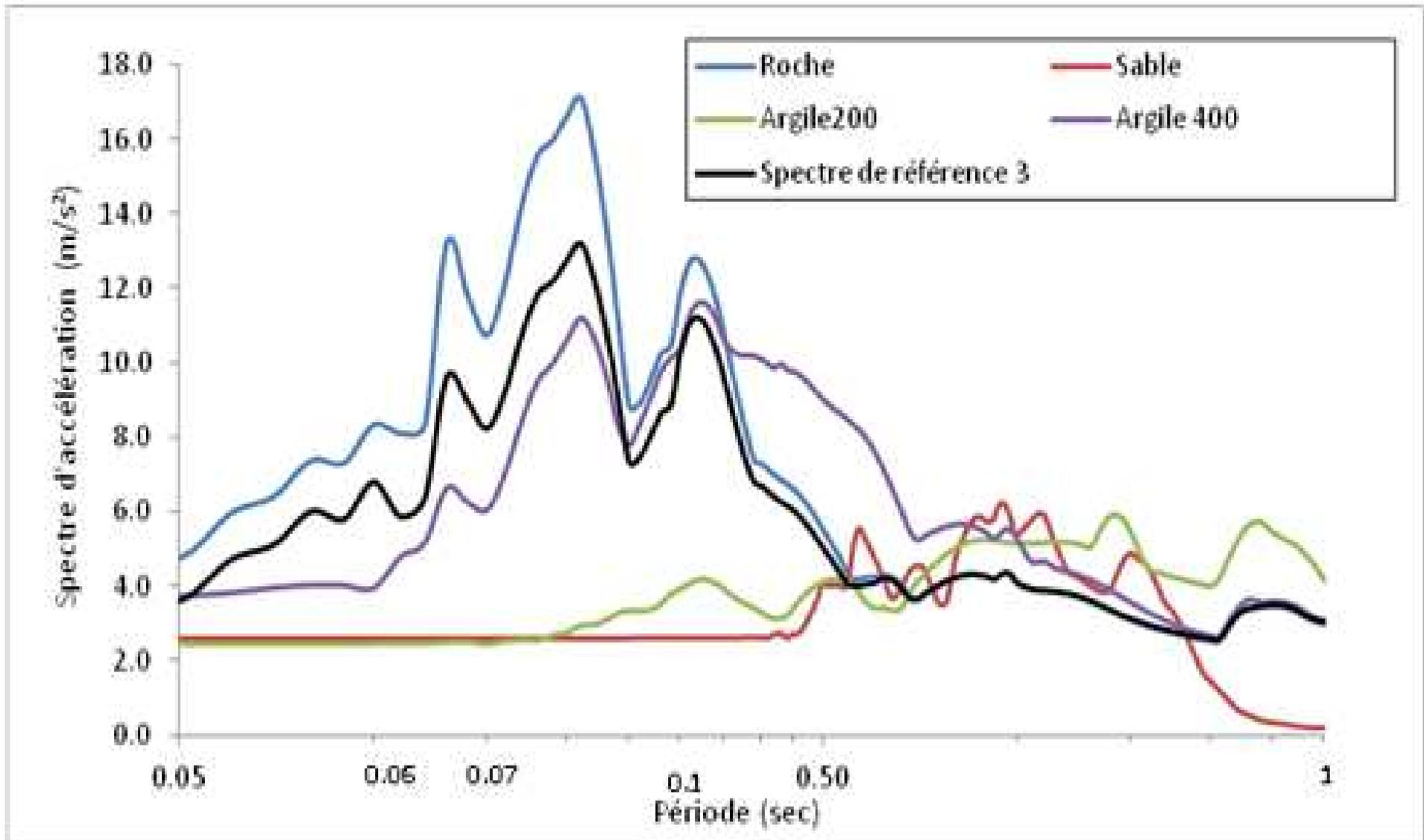


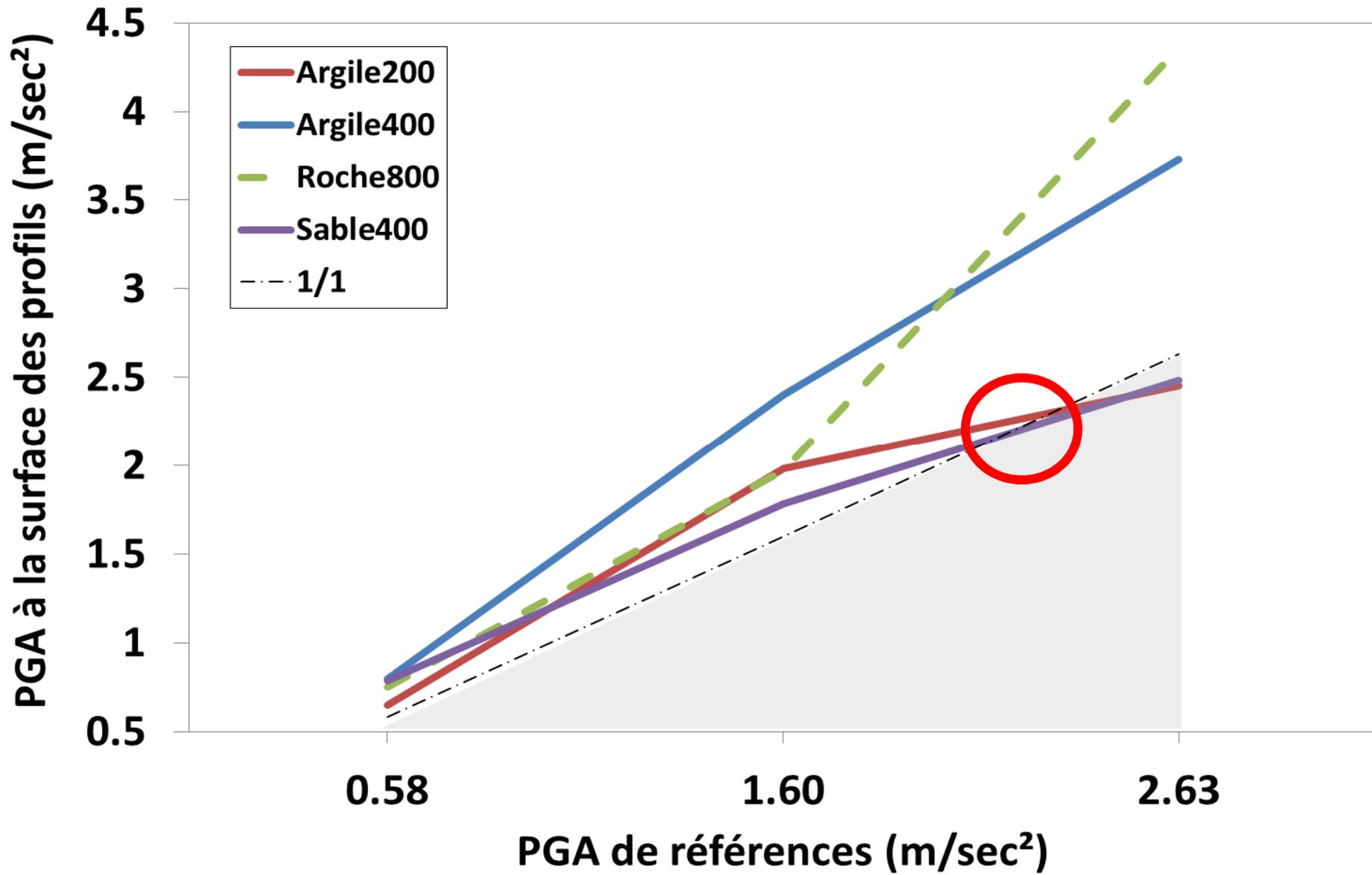


## INFLUENCE DE LA NATURE GÉOTECHNIQUE DU SOL SUR LA RÉPONSE DU SOL









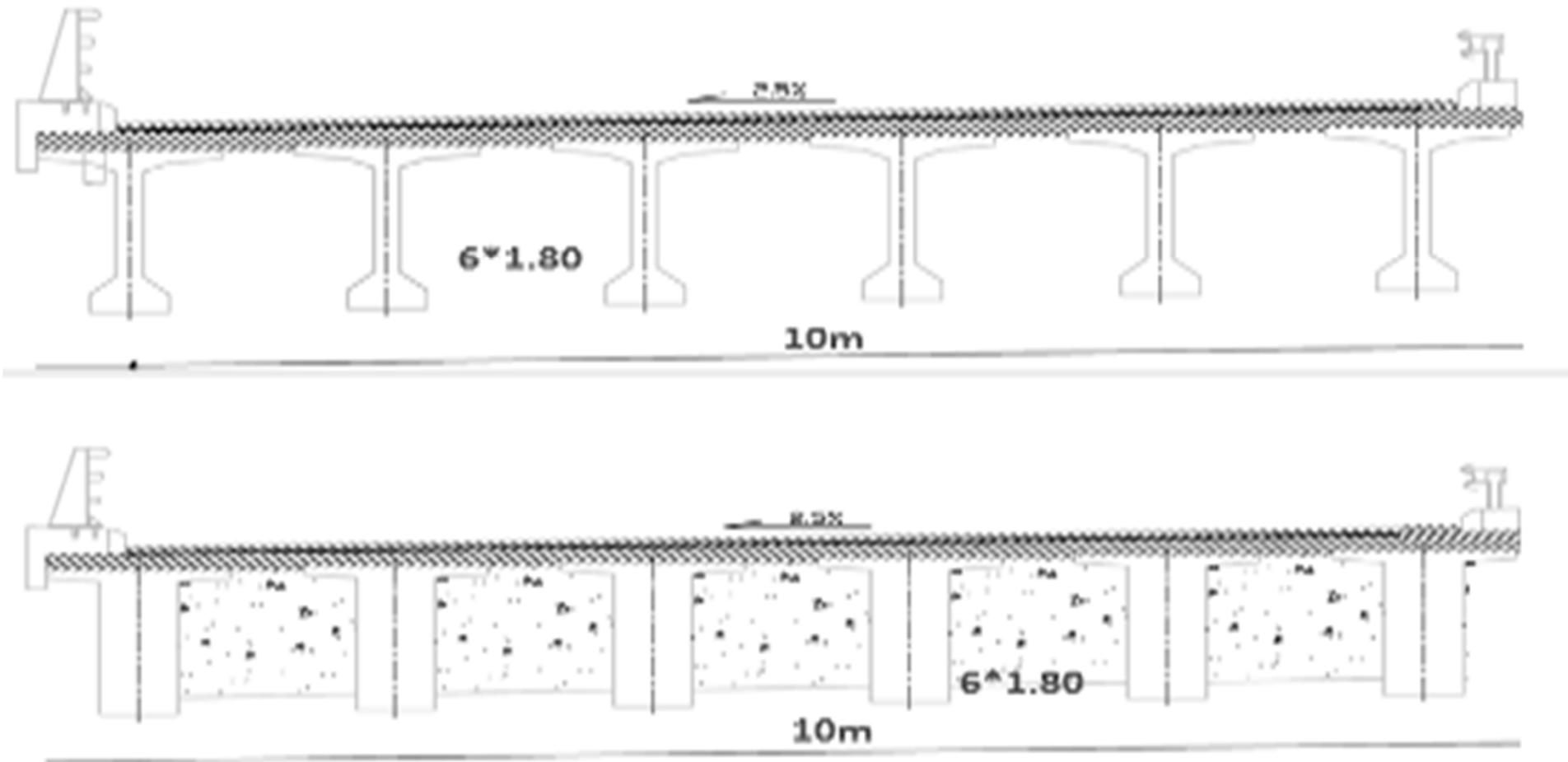
*PGA ; PGV, amplification spectrale*

24

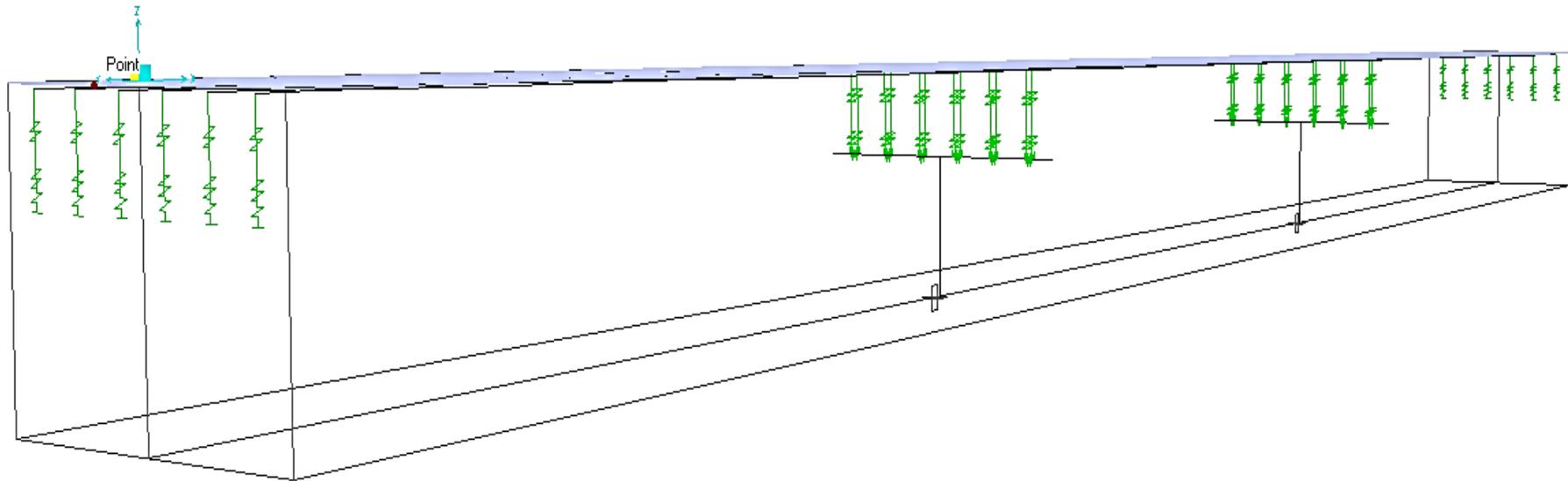
	Profils des sols <sub>(Vs30)</sub>	PGA (m/s <sup>2</sup> )	PGV (m/s)	CAV (m/s)	Rapport d'amplification Spectrale (RAS) à f= (fRSf)
Station de référence 1	Argile <sub>200</sub>	0.652	0.1372	40.6375	3.097
	Argile <sub>400</sub>	0.800	0.1412	51.2932	2.730
	Roche	0.754	0.0960	47.2952	1.450
	Sable <sub>400</sub>	0.788	0.1033	49.2947	2.880
Station de référence 2	Argile <sub>200</sub>	1.982	0.4491	76,2911	2.195
	Argile <sub>400</sub>	2.401	0.4521	88.3781	2.240
	Roche	1.972	0.3626	84.2521	1.483
	Sable <sub>400</sub>	1.784	0.4391	83,3337	2.010
Station de référence 3	Argile <sub>200</sub>	2.451	0.8177	85,9290	2.248
	Argile <sub>400</sub>	3.730	0.8212	116,1257	2.181
	Roche	4.359	0.6914	123.8930	1.441
	Sable <sub>400</sub>	2.483	0.8132	89,5205	2.170

Ouvrage d'art est situé à environ 3 km de la localité **Asla**, sur la liaison **Asla. RN 47**(Wilaya de Naama) et permettra le franchissement de oued **Khneg Tayeb**.





*Profil en travers*

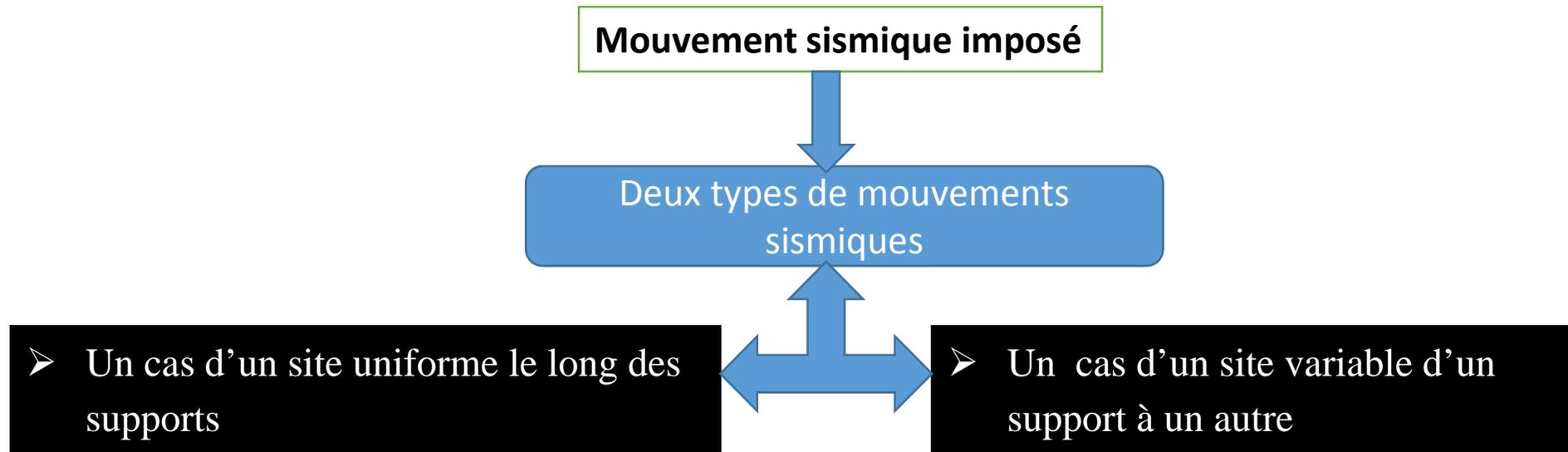


**Model du pont en 3D**

NB:

Pour le chargement nous avons considérés que les charges permanentes.

Modes	Période (sec)	Ux	Uy	Uz	Sum UX	SumUy	Sum Uz
Mode 1	0.88	0.64	5E-22	5E-21	0.644	0.000	0.000
Mode 2	0.87	0.00	4E-01	1E-23	0.644	0.371	0.000
Mode 3	0.86	0.00	2E-12	8E-24	0.644	0.371	0.000
Mode 4	0.86	0.00	4E-01	3E-23	0.644	0.798	0.000
Mode 5	0.86	0.00	3E-17	4E-12	0.644	0.798	0.000
Mode 6	0.85	0.17	6E-28	4E-21	0.815	0.798	0.000
Mode 7	0.53	0.00	3E-19	6E-20	0.815	0.798	0.000
Mode 8	0.52	0.00	4E-05	2E-20	0.815	0.798	0.000
Mode 9	0.52	0.00	4E-16	2E-19	0.815	0.798	0.000
Mode 10	0.35	0.64	5E-22	5E-21	0.644	0.000	0.000
Mode 11	0.34	0.00	8E-24	1E-14	0.815	0.798	0.215
Mode 12	0.34	0.00	3E-23	4E-01	0.815	0.798	0.602
Mode 13	0.094	0.136	3.30E-17	1.58E-17	0.95	0.79	0.60
Mode 47	0.022	0.00	0.11	2E-14	0.97	0.939	0.696
Mode 72	0.015	1.13E-17	8.06E-14	0.096	0.97	0.98	0.92



le signal sismique variable ne peut être imposé que sous forme de déplacement. Sur Le Logiciel Sap2000

**Procédure de correction :**

le code informatique Ris AM Signal seras utilisé pour cette partie

1. Première tentative de filtrage à l'aide de la formule tirez de l'EUROCODE 8

$$d_g = 0,025 \cdot a_g \cdot S \cdot T_C \cdot T_D$$

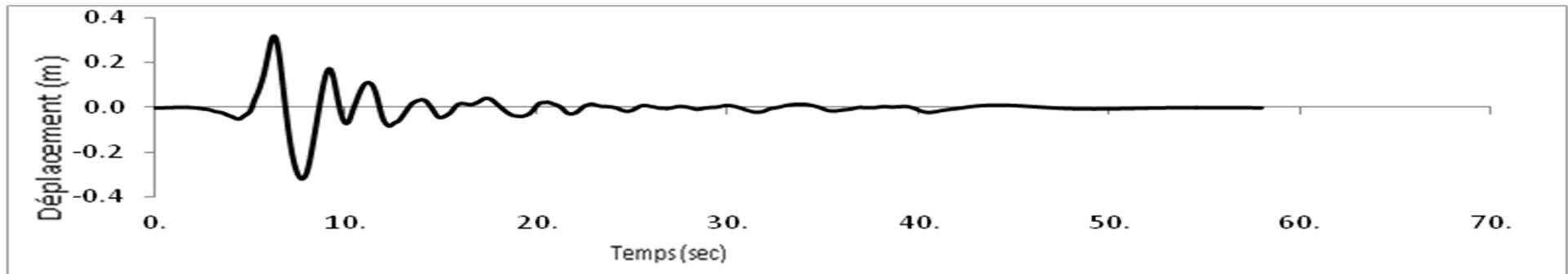
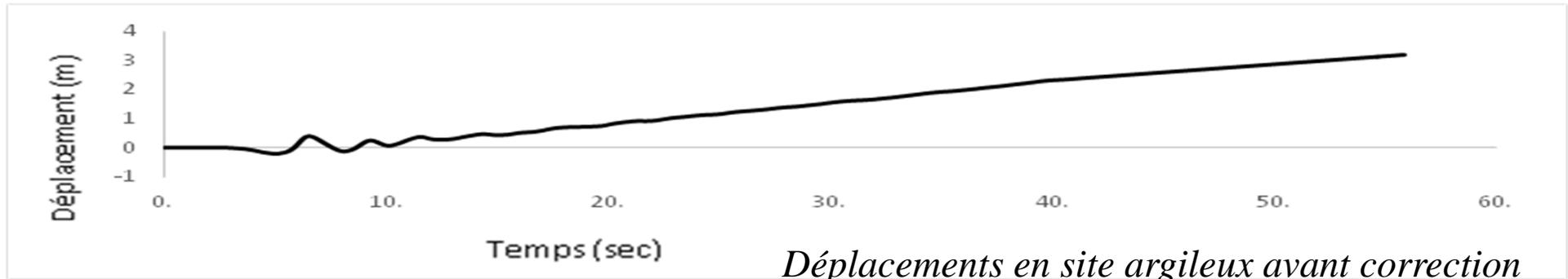
	Argile			Roche			Sable		
Paramètre	S=1.2	Tc=0.50	Td=3	S=1	Tc=0.30	Td=3	S=1.1	Tc=0.40	Td=3
Station de référence 3 déplacement en m	0.196			0.098			0.144		

Une autre approche qui consiste à comparer les résultats donnés par une accélération imposée et les résultats donnés par un déplacement imposé tout en négligeant l'amortissement

	Site uniforme le long du pont	Moment donné par déplacement imposé	Moment donné par l'accélération imposée	Différence
Station 3	Sable	32321.15	30521.07	5.5%
	Argile	33925.89	31711.25	6.5%
	Roche	29786.21	27620.14	7%

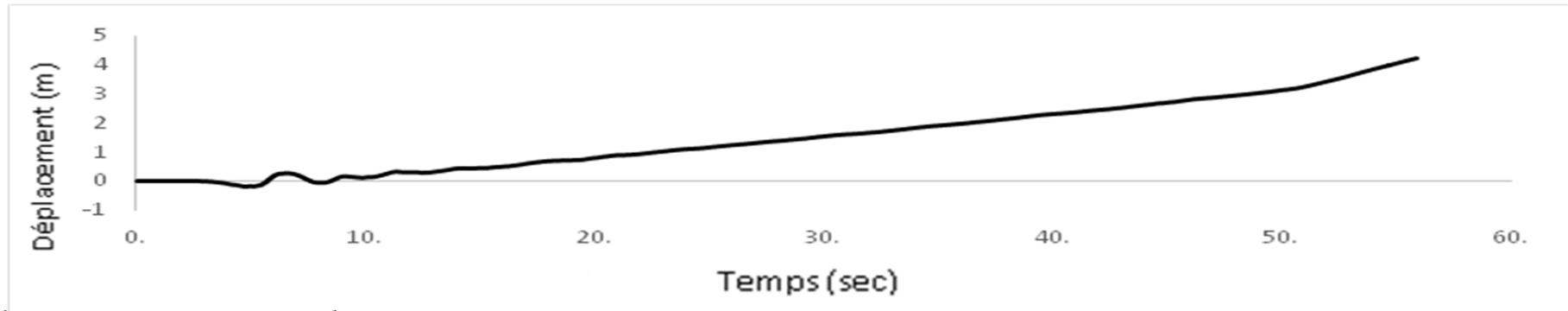
Donc filtrage de 0.1 Hz est recommandé

CORRECTION A 0.1 HZ

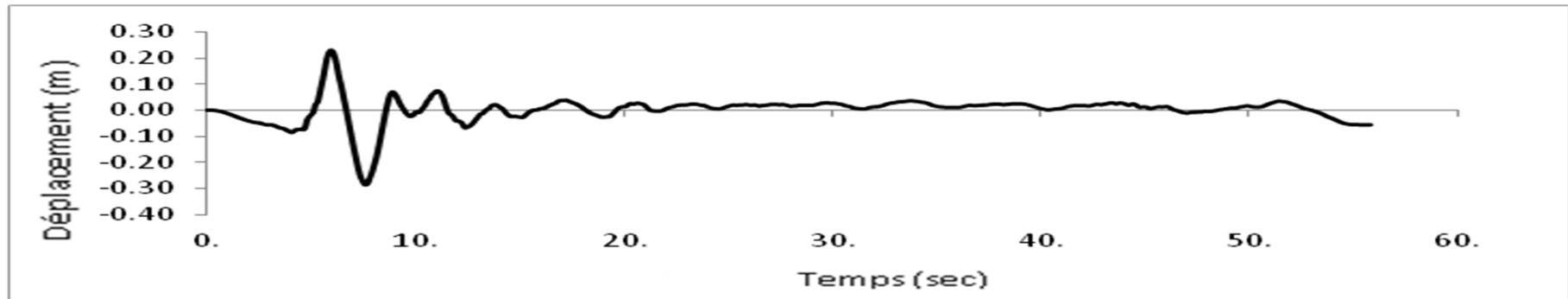


	Avant	Après
Fréquence de filtrage (Hz)		<b>0.1</b>
Accélération maximale (m/s <sup>2</sup> )	<b>2.4000</b>	<b>2.4014</b>
Déplacement maximum (m)	<b>3.2907</b>	<b>0.3199</b>

CORRECTION A 0.1 HZ



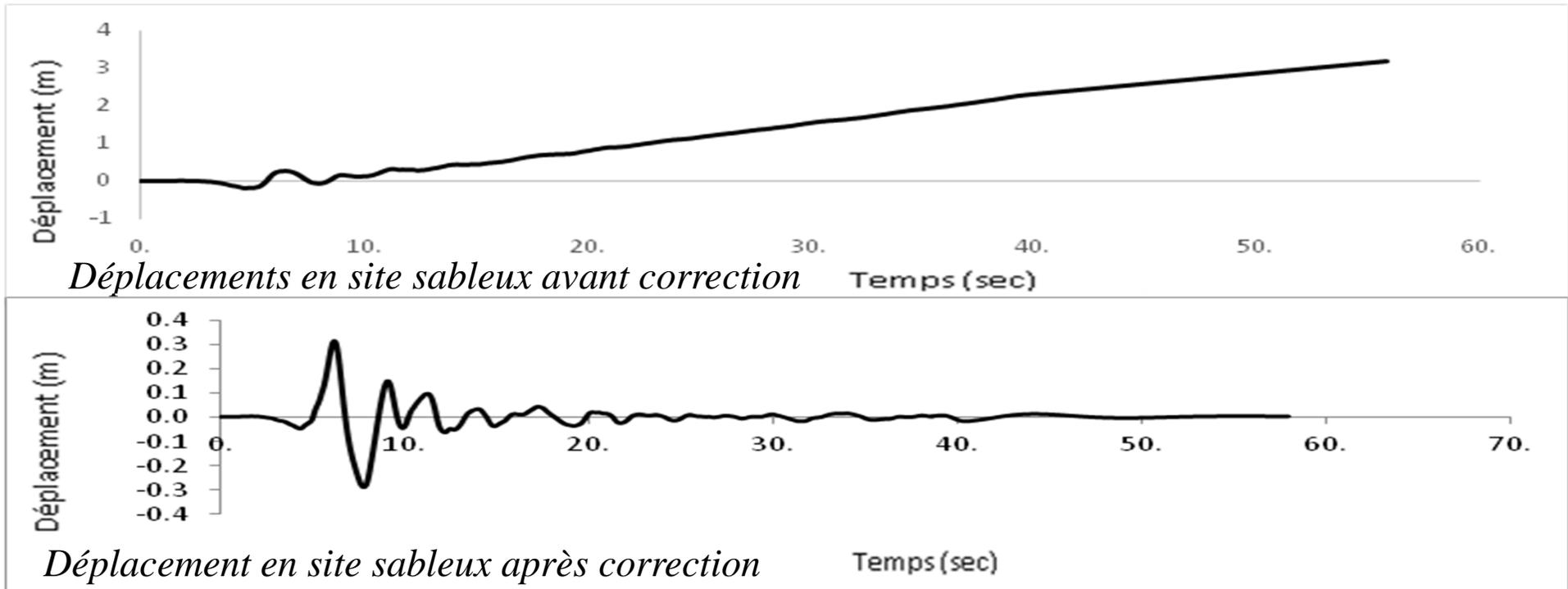
*Déplacement en site rocheux avant correction*



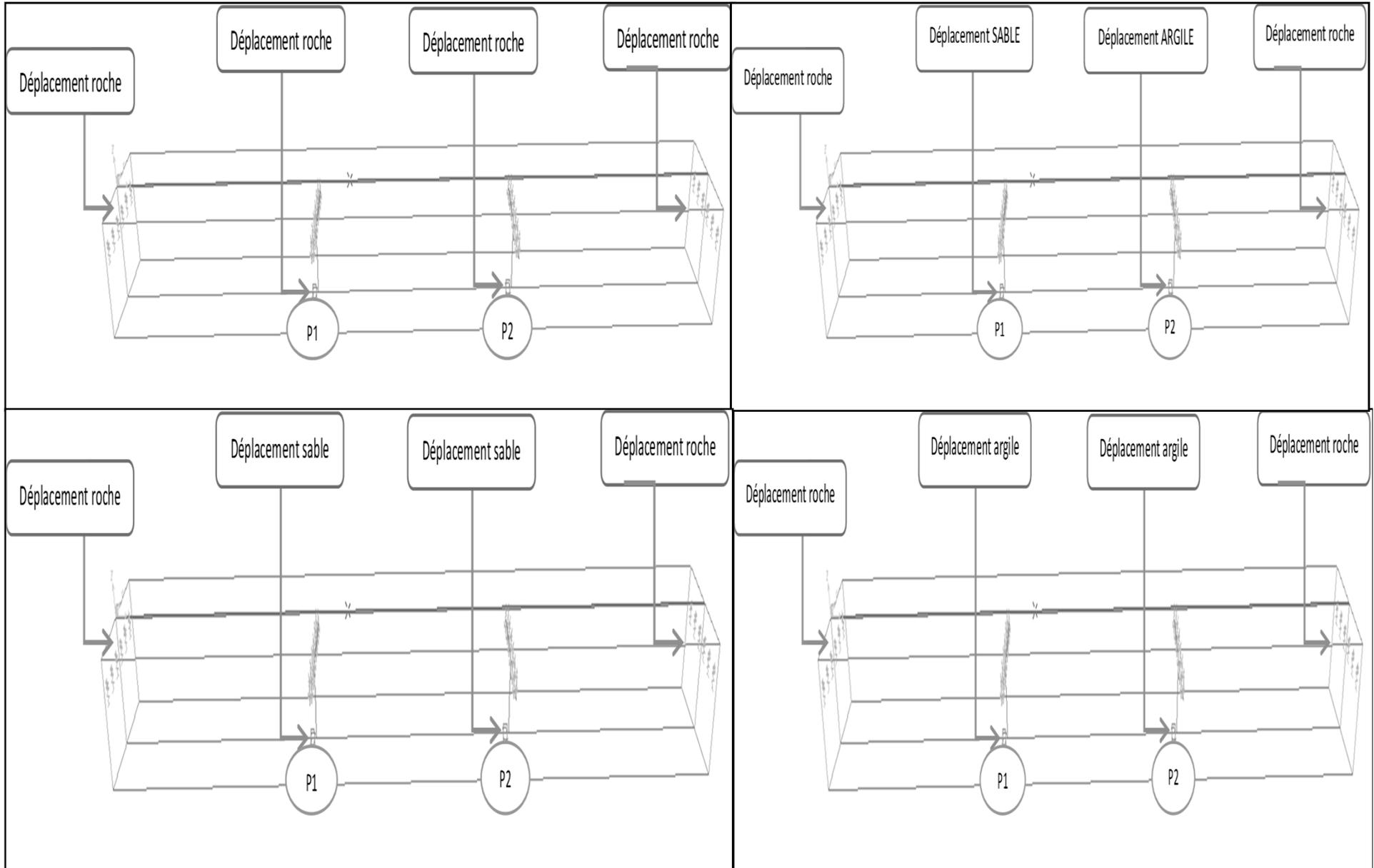
*Déplacement en site rocheux après correction*

	Avant	après
Fréquence de filtrage (Hz)		<b>0.1</b>
Accélération maximale (m/s <sup>2</sup> )	<b>4.359</b>	<b>4.3072</b>
Déplacement maximale (m)	<b>4.6497</b>	<b>0.2854</b>

CORRECTION A 0.1 HZ



	Avant	Après
Fréquence de filtrage (Hz)		<b>0.1</b>
Accélération maximale (m/s <sup>2</sup> )	<b>2.6049</b>	<b>2.6063</b>
Déplacement maximum (m)	<b>3.1645</b>	<b>0.3134</b>



*Résultats du pont après analyses***(cas RRRR)**

	Pile1	Pile2
Moment (M) KN M	<b>13390.36</b>	<b>13390.36</b>
Effort normal (N) KN	<b>92.34</b>	<b>92.34</b>
$\rho$ (rapport des déplacements)	<b>0.97</b>	<b>0.97</b>
Effort tranchant (T) KN	<b>2340.36</b>	<b>2340.36</b>

*suivant le plan longitudinal*

	Pile1	Pile2
Moment (M) KN M	<b>17431.84</b>	<b>17431.84</b>
Effort normal (N) KN	<b>97.36</b>	<b>97.36</b>
$\rho$ (rapport des déplacements)	<b>0.815</b>	<b>0.815</b>
Effort tranchant (T) KN	<b>3020.11</b>	<b>3020.11</b>

*suivant le plan transversal*

étude bibliographique et définition	Etude de la réponse sismique du sol	Présentation de l'ouvrage et modélisation	Analyse dynamique des ponts en considérant l'effet de site	CONCLUSION
-------------------------------------	-------------------------------------	---	--	------------

*Résultats du pont après analyses*

37

**(cas RSSR)**

	Pile1	Pile2
Moment (M) KN M	<b>15263.92</b>	<b>15263.92</b>
Effort normal (N) KN	<b>81.15</b>	<b>81.15</b>
$\rho$ (rapport des déplacements)	<b>0.85</b>	<b>0.85</b>
Effort tranchant (T) KN	<b>2298.57</b>	<b>2298.57</b>

*suivant le plan longitudinal*

	Pile1	Pile2
Moment (M) KN M	<b>21995.06</b>	<b>21995.06</b>
Effort normal (N) KN	<b>98.274</b>	<b>98.274</b>
$\rho$ (rapport des déplacements)	<b>0.68</b>	<b>0.68</b>
Effort tranchant (T) KN	<b>3615.6</b>	<b>3615.6</b>

*suivant le plan transversal*

*Résultats du pont après analyses*

	Pile1	Pile2
Moment (M) KN M	<b>17804.92</b>	<b>17804.92</b>
Effort normal (N) KN	<b>89.35</b>	<b>89.35</b>
$\rho$ (rapport des déplacements)	<b>0.847</b>	<b>0.847</b>
Effort tranchant (T) KN	<b>2345.28</b>	<b>2345.28</b>

**(cas RAAR)***suivant le plan longitudinal*

	Pile1	Pile2
Moment (M) KN M	<b>22164.59</b>	<b>22164.59</b>
Effort normal (N) KN	<b>111.055</b>	<b>111.055</b>
$\rho$ (rapport des déplacements)	<b>0.68</b>	<b>0.68</b>
Effort tranchant (T) KN	<b>3903.31</b>	<b>3903.31</b>

*suivant le plan transversal*

étude bibliographique et définition	Etude de la réponse sismique du sol	Présentation de l'ouvrage et modélisation	Analyse dynamique des ponts en considérant l'effet de site	CONCLUSION
-------------------------------------	-------------------------------------	---	--	------------

*Résultats du pont après analyses*

**(cas RSAR)**

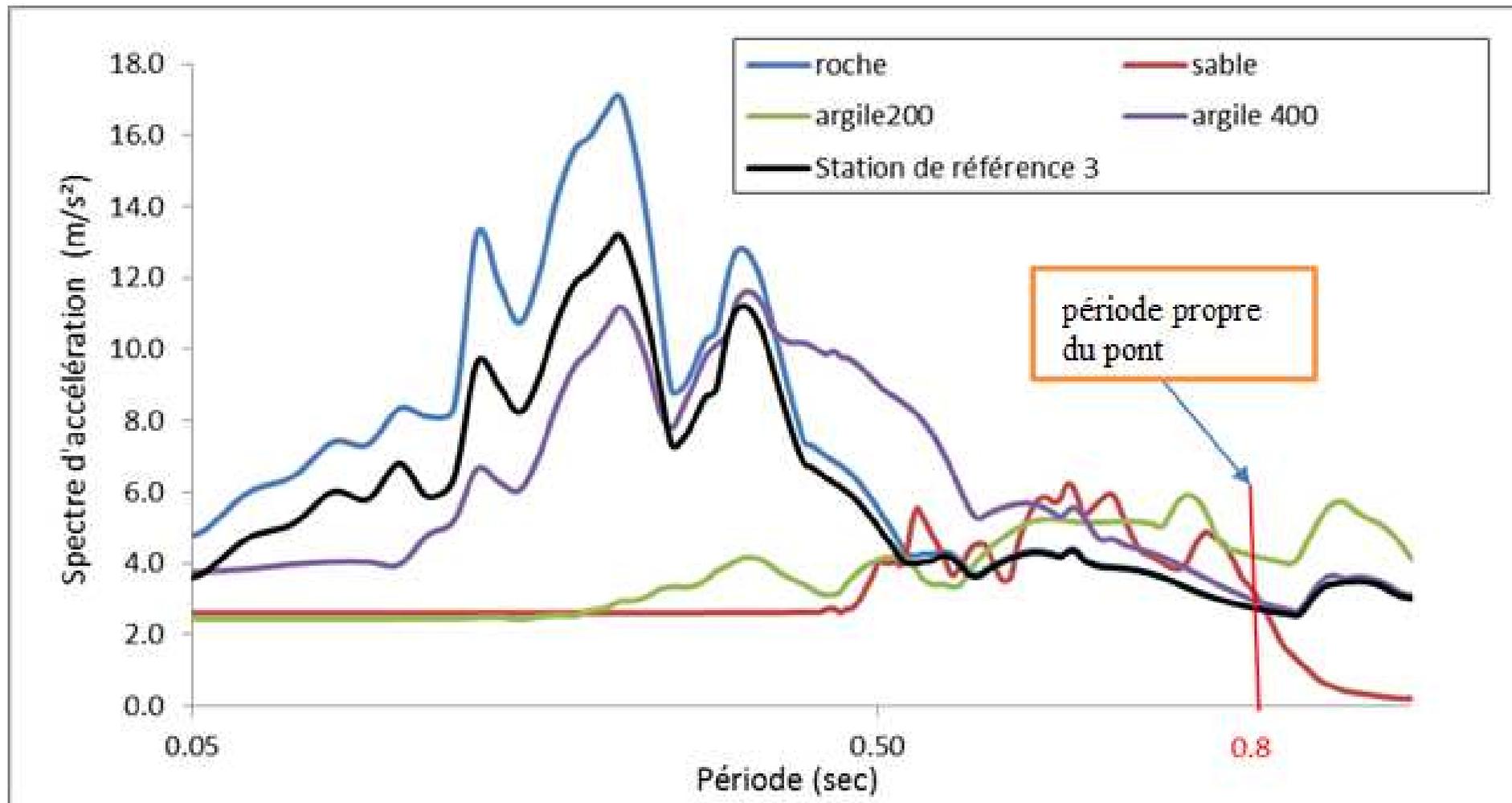
	Pile1	Pile2
Moment (M) KN M	<b>16269.82</b>	<b>17893.01</b>
Effort normal (N) KN	<b>92.86</b>	<b>73.81</b>
$\rho$ (rapport des déplacements)	<b>0.86</b>	<b>0.864</b>
Effort tranchant (T) KN	<b>2264.07</b>	<b>2372.54</b>

*suivant le plan longitudinal*

	Pile1	Pile2
Moment (M) KN M	<b>21115.06</b>	<b>22164.35</b>
Effort normal (N) KN	<b>99.10</b>	<b>111.25</b>
$\rho$ (rapport des déplacements)	<b>0.666</b>	<b>0.68</b>
Effort tranchant (T) KN	<b>3821.25</b>	<b>3912.15</b>

*suivant le plan transversal*

*Vérification des Résultats obtenu :*



A la lumière des résultats obtenus dans la première partie nous pouvons dire que :

- L'effet du site linéaire pour des signaux à faible PGA
- la vitesse des ondes de cisaillement seule ne peut pas caractériser un sol,  
la prise en compte de sa nature rhéologique est donc nécessaire .
- En outre, un site rocheux de vitesse égale à  $800 \text{ m/s}^2$  ne peut pas être considéré  
comme un site de référence vu l'amplification obtenue

Dans la 2eme partie une analyse dynamique du pont a été faite les résultats obtenus montre que :

- ✓ l'effet de site a une incidence directe sur la réponse du pont considéré.

A partir des spectres obtenu on peut dire que :

- ✓ l'effet de site peut devenir plus important pour des périodes de 0.2 à 0.5 s  
(Amplifications importantes surtout au niveau de la roche)

**Perspectives :**

Nous proposons des pistes à suivre pour améliorer et compléter ce travail :

- ❖ Faire la même étude avec des profils du sol réels,
- ❖ Effectuer la même analyse en considérant des structures ayant des fréquences proches des fréquences d'amplification.
- ❖ On recommande pour les travaux futurs de mettre une colonne de sol multicouche de déférente caractéristique.
- ❖ Une étude à des profondeurs variables serais intéressante
- ❖ Faire étude à l'aide des logiciels originaux et des moyens de laboratoire



**Thank You**

**MERCI POUR VOTRE ATTENTION**



Université Abou-Bekr Belkaid – Tlemcen

Faculté De Technologie

Département de Génie Civil



Option: Infra Structure de Base et Géotechnique

# Étude de la variation spatiale des conditions de site et application à l'analyse dynamique d'un pont.

Présenté par:

**Mr LATTI FARID SÂAD ELLAH  
MLLE HAFHAF RAFIKA**

Encadreurs

**Dr MEDDANE.N**

**Dr DERRAS.B**

Président

**Mr HASSAINE.M**

Examineur

**Dr ZENDAGUI.D**

**Dr BENADLA.Z**