

C O N T R Ô L E
T E C H N I Q U E
C O N S T R U C T I O N

RAPPORT D'EXAMEN

CENTRE DE TRAITEMENT DE DECHETS MENAGERS AVEC VALORISATION ENERGETIQUE

13 FOS SUR MER

N° DE CONVENTION : 8H10050606

CHRONO : 850

TRANCHE : 4

DATE : 05/06/2008

Chargé d'opération :
Olivier MOPIN

Tél. 04 96 15 23 59 - Fax. 04 96 15 23 96



URBASER ENVIRONNEMENT
Zone Industrielle de Fos sur Mer
Route Quai Minéralier
Lieu Dit Caban Sud
13270 FOS SUR MER

À l'attention de M. Perez

Fax : 04 42 02 35 89

COPIE À :	N° FAX :	DIFFUSION :
S'PACE ARCHITECTES ASSOCIES	01 45 15 61 11	@
Ingévalor M. Hennecart	04 72 18 94 43	@
Ingévalor M. Massenzio	04 72 18 94 43	@
Ingévalor Mme Mayer	04 72 18 94 43	@
INTECSA M. Bousquet		@
URBASER ENVIRONNEMENT M. Douroux	04 42 02 35 89	@
URBASER ENVIRONNEMENT M. Studer	04 42 02 35 89	@
URBASER Pilote Process UVE M. Magnien	04 42 02 35 89	@

COPIE À :	N° FAX :	DIFFUSION :
URBASER ENVIRONNEMENT M. MONDOR	04 42 02 35 89	@
Ingévalor M. Leroi	04 72 18 94 43	@
Ingévalor M. Wyckaert	04 72 18 94 43	@
INTECSA M. Alcocer		@
URBASER ENVIRONNEMENT M. Carbone	04 42 02 35 89	@
URBASER ENVIRONNEMENT M. Robin	04 42 02 35 89	@
URBASER ENVIRONNEMENT Mme Arena	04 42 02 35 89	@
VALORGA INTERNATIONAL Mr Charret	04 67 99 41 00	@

Documents Examinés	Avis / N°	Observations dans le cadre de la mission
INT.VAE.NC.0.005.A	HM	Mission L OSSATURE EN BETON ARME CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES Bâtiment Turbine Etude comportement dynamique

ORIGINAL SIGNE

Pour le Chargé d'Affaire ce rapport a été validé par : Olivier MOPIN

Légende des avis : F : avis Favorable, S : avis Suspendu, D : avis Défavorable, HM : Hors Mission, SO : Sans Objet



CETE Apave Sudeurope - Agence de Marseille
8 rue Jean Jacques Vernazza ZAC Saumaty Séon BP 193
13322 MARSEILLE CEDEX 16
Tél. : 04 96 15 23 62 - Fax : 04 96 15 23 96

<p>Délégant</p>  <p>MARSEILLE PROVENCE METROPOLE Les Docks Atrium 10.7 10, Place de la Joliette 13002 MARSEILLE</p>	<p>Assistant Technique du Délégant</p>  <p>CABINET MERLIN Bureaux de Marseille 171, bis chemin de la Madrague Bâtiment Acropolis 13002 MARSEILLE</p>
---	---

<p>Maître d'Ouvrage Délégataire</p>  <p>EVERE Zone Industrielle de Fos sur Mer Route quai Minéralier Lieu Dit Caban Sud 13270 Fos sur Mer</p>	<p>Assistant Maître d'Ouvrage</p>  <p>URBASER ENVIRONNEMENT Zone Industrielle de Fos sur Mer Route quai Minéralier Lieu Dit Caban Sud 13270 Fos sur Mer</p>
---	---

<p>Architecte Mandataire</p>  <p>S'pace Architectes Associés 111, Rue Molière 94200 IVRY Sur SEINE Tél. : 01.45.15.81.21 Fax : 01.45.15.61.11 spacemarseille@blueholding.com</p>	<p>Architecte Associé</p> <p>Atelier d'Architecture Bruno Miranda architecte D.P.L.G. - urbaniste D.I.A.R.</p> <p>Atelier Architecture Bruno Miranda 11, Avenue de la Capelette 13010 MARSEILLE Tél. : 04.91.78.84.96 Fax : 04.91.25.67.94 Atelier-miranda@wanadoo.fr</p>
--	---

<p>Assistant Technique au Maître d'Ouvrage</p>  <p>INGEVALOR 26, Chemin de la Forestière 69130 ECULLY Tél. : 04.72.18.95.50 Fax : 04.72.18.94.43</p>	<p>Contrôle Technique et Coordination SPS</p>  <p>APAVE 8, Rue JJ Vermazz ZAC Saumaty-Léon BP 193 13322 MARSEILLE CEDEX 16 Tél. : 04.96.15.23.59 Fax : 04.96.15.23.96</p>
--	---

<p>Bureau d'Etude Génie Civil</p>  <p>INTECSA-INARSA, S.A. Santa Leonor, 32 28037 MADRID - ESPAÑA Tel.: 0034.91.567.38.00 Fax: 0034.915.67.38.01</p>	<p>Sous-traitant</p>
--	----------------------

**CENTRE DE TRAITEMENT MULTIFILIÈRES DE DÉCHETS MÉNAGERS
AVEC VALORISATION ÉNERGÉTIQUE
PORT AUTONOME DE MARSEILLE / FOS-SUR-MER**

**RAPPORT SUR L'ETUDE DU COMPORTEMENT
DYNAMIQUE DE LA TABLE TURBINE RÉALISÉE PAR GERB**

INT VAE NC 0 005 A.doc

Ind.	Etabli par	Vérifié par	Approuvé par	Date	Objet de la révision
A	FN	PA	PA	14/05/2008	Première diffusion

Réf. client :	<table border="1"> <tr><td>I</td><td>N</td><td>T</td></tr> <tr><td colspan="3">Emetteur</td></tr> </table>	I	N	T	Emetteur			<table border="1"> <tr><td>V</td><td>A</td><td>E</td></tr> <tr><td colspan="3">Ouvrage du domaine d'application</td></tr> </table>	V	A	E	Ouvrage du domaine d'application			<table border="1"> <tr><td>N</td><td>C</td></tr> <tr><td colspan="2">Nature du document</td></tr> </table>	N	C	Nature du document		<table border="1"> <tr><td>0</td></tr> <tr><td>Etat</td></tr> </table>	0	Etat	<table border="1"> <tr><td>0</td><td>0</td><td>5</td></tr> <tr><td colspan="3">Numéro chrono</td></tr> </table>	0	0	5	Numéro chrono			<table border="1"> <tr><td>A</td></tr> <tr><td>Rév.</td></tr> </table>	A	Rév.	Statut AVS
I	N	T																															
Emetteur																																	
V	A	E																															
Ouvrage du domaine d'application																																	
N	C																																
Nature du document																																	
0																																	
Etat																																	
0	0	5																															
Numéro chrono																																	
A																																	
Rév.																																	

 Intecsa-Inarsa	TITRE: RAPPORT SUR L'ETUDE DU COMPORTEMENT DYNAMIQUE DE LA TABLE TURBINE RÉALISÉE PAR GERB	DATE: 14-05-08	PAGE: 1
		REFERENCE: INT VAE NC 0 005 A	

SOMMAIRE

1.	Introduction	2
2.	Références.....	2
3.	Modes et fréquences de vibration.....	3
4.	Recommandations DIN 4024.....	6

 Intecsa-Inarsa	TITRE: RAPPORT SUR L'ETUDE DU COMPORTEMENT DYNAMIQUE DE LA TABLE TURBINE RÉALISÉE PAR GERB	DATE:	PAGE:
		14-05-08	2
		REFERENCE: INT VAE NC 0 005 A	

1. Introduction

L'objet de cette note de calcul est l'analyse de l'étude des vibrations réalisée par GERB et sa comparaison avec les résultats initialement obtenues par Intecsa-Inarsa à partir du modèle SAP vérifiant ainsi la validité de celui-ci.

2. Références

- [1]. Bael 91, révisées en 99.
- [2]. DIN 4024. Fondations de machines.



TITRE: RAPPORT SUR L'ETUDE DU COMPORTEMENT DYNAMIQUE DE LA TABLE TURBINE RÉALISÉE PAR GERB	DATE: 14-05-08	PAGE: 3
	REFERENCE: INT VAE NC 0 005 A	

3. Modes et fréquences de vibration

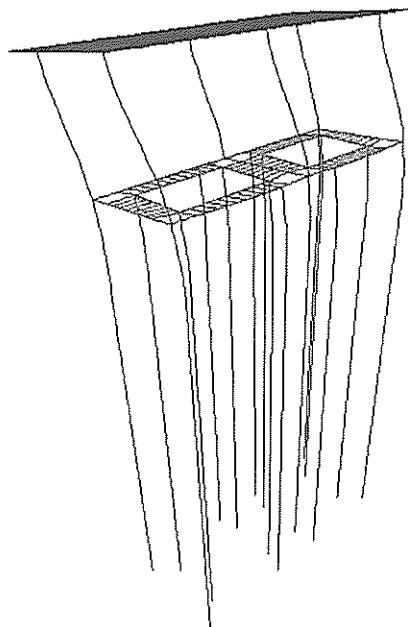
L'étude de GERB a été réalisé sans considérer le poids de la machine.

Pour pouvoir comparer cette étude avec notre modèle, nous avons fait fonctionner le modèle de la Table Turbine sans prendre en compte le poids des machines.

Les modes de vibration produits sont les suivants:

- Mode 1: Periode = 0.2493 s, direction transversale.

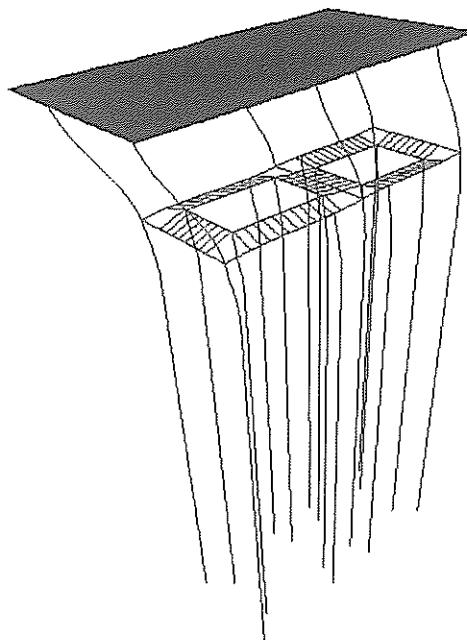
Deformed Shape (MODAL) - Mode 1 - Period 0.24930
Analysis Model



 Intecsa-Inarsa	TITRE: RAPPORT SUR L'ETUDE DU COMPORTEMENT DYNAMIQUE DE LA TABLE TURBINE RÉALISÉE PAR GERB	DATE: 14-05-08	PAGE: 4
		REFERENCE: INT VAE NC 0 005 A	

- Mode 1: Periode = 0.2493 s, direction longitudinale.


Deformed Shape (MODAL) - Mode 2 - Period 0.19612
 Analysis Model



 Intecsa-Inarsa	TITRE: RAPPORT SUR L'ÉTUDE DU COMPORTEMENT DYNAMIQUE DE LA TABLE TURBINE RÉALISÉE PAR GERB	DATE: 14-05-08	PAGE: 5
		REFERENCE: INT VAE NC 0 005 A	

La liste complète des fréquences et périodes pour les différents modes est le suivant :

TABLE: Modal Periods And Frequencies						
OutputCase	StepType	StepNum	Period	Frequency	CircFreq	Eigenvalue
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	rad/sec	rad2/sec2
MODAL	Mode	1	0.249296	4.0113	25.204	635.23
MODAL	Mode	2	0.196122	5.0989	32.037	1026.4
MODAL	Mode	3	0.16705	5.9862	37.613	1414.7
MODAL	Mode	4	0.07739	12.922	81.188	6591.5
MODAL	Mode	5	0.062211	16.074	101	10201
MODAL	Mode	6	0.055683	17.959	112.84	12733
MODAL	Mode	7	0.050216	19.914	125.12	15656
MODAL	Mode	8	0.046623	21.449	134.77	18162
MODAL	Mode	9	0.044669	22.387	140.66	19786
MODAL	Mode	10	0.039644	25.225	158.49	25119
MODAL	Mode	11	0.037235	26.856	168.74	28474
MODAL	Mode	12	0.036438	27.444	172.43	29734
MODAL	Mode	13	0.034132	29.298	184.08	33887
MODAL	Mode	14	0.031209	32.042	201.32	40531
MODAL	Mode	15	0.030619	32.659	205.2	42109

C'est pourquoi, les résultats dans les directions principales sont :

- direction transversale : $f_t = 4.0$ Hz
- direction longitudinale : $f_l = 5.1$ Hz

En comparant avec l'étude GERB ($f_t=4.4$ Hz and $f_l=5.4$ Hz), vous pouvez remarquer que les résultats sont très semblables.

En conséquence, l'étude correspond à ce que nous attendions.

 Intecsa-Inarsa	TITRE: RAPPORT SUR L'ETUDE DU COMPORTEMENT DYNAMIQUE DE LA TABLE TURBINE RÉALISÉE PAR GERB	DATE:	PAGE:
		14-05-08	6
		REFERENCE: INT VAE NC 0 005 A	

4. Recommandations DIN 4024

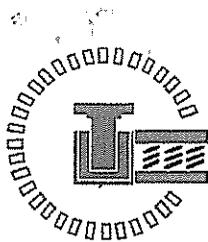
Au sujet des recommandations DIN 4024:

- La largeur de la dalle est au moins de 1.20 m et la distance maximale entre les axes des poutres est $6.064+0.4+0.6=7.064$. Donc la largeur est plus grande qu'un-dixième de la longueur.

- Poids:
 - Machines: $45+16.7+86.4+13.9+0.525+2=164.5t$
 - Table: $2.5(6.21 \times 6.5 \times 1.8 + 5.59 \times 6.5 \times 1.2)=290.6t$

Ainsi la table pèse plus que les machines.

Donc nous acceptons DIN 4024.



GERB

URBASER

Centre de Traitement
de Fos sur Mer

Table turbo-alternateur

Contrôle vibratoire du 26/03/08

URBASER
M. ROBIN

ED 1484 P08/AF P 8996
du 2 avril 2008



PREAMBULE

Le présent rapport contient les résultats du contrôle vibratoire effectué au moyen de notre machine à balourd sur la table béton armé du groupe turbo-alternateur de l'usine de Fos-sur-Mer.

Les mesures ont été effectuées le 26/03/08.

La fondation est constituée d'une table béton armé 14,80 x 6,50 m d'épaisseur variable, ancrée en tête de 6 poteaux, eux-mêmes ancrés dans un réseau de longrines fondées sur pieux.

PRINCIPE DE MESURE

Le but de ce contrôle vibratoire est de vérifier la valeur des premières fréquences propres de déformation de la table au moyen de notre exciteur à balourd.

Les mesures consistent à enregistrer sous forme numérique, la variation temporelle de la vitesse vibratoire.

Pour ces mesures, nous avons utilisé notre chaîne numérique CERS, constituée de :

- un ordinateur TOSHIBA T 2130 CT
- une carte d'acquisition 8 voies
- des capteurs de vitesse 4,5 Hz SENSOR
- un logiciel C.E.R.S.
- Machine à balourd développant, en force tournante, un balourd de 0,175 mkg sur une plage 4 Hz - 40 Hz. (voir annexe 1)

On peut ainsi vérifier la situation des fréquences propres et valider le dimensionnement de la table au regard du turbo-alternateur qui va être installé.

IMPLANTATION DES CAPTEURS

Voir annexe 2



Z = direction verticale

L = direction longitudinale - parallèle à la ligne d'arbre

T = direction transversale - perpendiculaire à la ligne d'arbre

RESULTATS DES MESURES

Nota préalable : les mesures sont faites en l'absence des machines. Leur implantation aura tendance à faire diminuer sensiblement les fréquences propres mesurées et présentées ci-après.

« Basculement » de la table sur ses poteaux par impulsion transversale et longitudinale

Direction transversale : $f = 4,4$ Hz – voir annexe 4

Direction longitudinale : $f = 5,4$ Hz – voir annexe 5

Ces valeurs peuvent être considérées comme normales.

Annexe 3 – Direction verticale

La courbe « réponse Z1 – Z2 – Z3 – Z4 » donne la réponse en vitesse vibratoire verticale en fonction de la fréquence sur la plage 6 – 38 Hz.

Elle fait apparaître 3 surtensions à 28 Hz – 31,5 Hz et 32,5 Hz.

Attention, la valeur de la vitesse vibratoire est directement liée à la valeur de la force d'excitation de la machine à balourd, elle-même liée à la vitesse de rotation. Cette courbe donne donc l'allure de la variation de vitesse dans l'optique d'une recherche d'éventuelles fréquences propres mais ne donne pas les valeurs des vitesses (voir extrapolation plus loin) dans la configuration « turbo-alternateur installé ».

Nous avons reconstitué, pour chacune de ces 3 fréquences, l'allure de la déformée en fonction de la valeur de la vitesse et de la phase des capteurs entre eux.

Pour 31,5 Hz et 32,5 Hz, il apparaît une légère déformation de la table côté turbine, là où son épaisseur est la plus faible.

Pour 28 Hz, il s'agit plus d'un mouvement d'ensemble.

Annexe 4 – Direction transversale

La réponse dans cette direction n'amène pas de commentaires particuliers.

Annexe 5 – Direction longitudinale

On retrouve la surtension à 32,5 Hz, mais les valeurs de réponse ne sont pas élevées. L'étude de la phase montre une tendance à la rotation d'axe vertical, dans un mouvement d'ensemble (pas de déformation de la table dans cette direction).

Calcul de la valeur de la vitesse vibratoire sous l'effet d'un balourd de référence sur le rotor de l'alternateur

Le balourd de notre machine à balourd est de 0,175 mkg en force tournante. La force développée correspondante à 25 Hz = 1500 tr/min = vitesse de rotation de l'alternateur est de $F = 0,175 \times (2\pi 25)^2 = 4318$ N.

Le poids du rotor alternateur est de 22000 kg. En considérant une classe d'équilibrage G 6,3, la valeur de l'effort de balourd résiduel est de $F = 22000 \times 6.3 \cdot 10^{-3} \times 2\pi 25 = 21771$ N.

Pour $F = 4318$ N, la valeur globale mesurée au point 1 est de 0,284 mm/s efficace. En effectuant une règle de 3, à fréquence équivalente, on peut évaluer la vitesse au point 1 du balourd sur le rotor de l'alternateur, soit $21771 / 4318 \times 0,284 = 1,47$ mm/s efficace.

Cette valeur est inférieure à 2,8 mm/s efficace, critère de la norme DIN 10816 relative aux vibrations admissibles pour ce type de machine.

Attention cependant, la mise en place des machines (164 525 kg) aura tendance à diminuer les 3 fréquences citées plus haut, donc à augmenter sensiblement les niveaux vibratoires. A l'opposé, l'ajout d'une masse de 164 525 kg aura tendance à les diminuer.

COMMENTAIRES

Le présent rapport devra être communiqué au bureau d'études INTECSA afin de statuer sur les valeurs des fréquences propres et des vitesses vibratoires mesurées (leur rapport ne contient pas de représentations modales des fréquences calculées). Ces mesures étant faites, comme à l'accoutumée, sans les machines, il serait intéressant de leur suggérer de reprendre leur modèle et de refaire le calcul des fréquences propres et des vitesses vibratoires (sous l'effet d'un balourd de référence de l'alternateur), en enlevant le poids des machines. Il sera alors possible de corréliser avec les mesures effectuées.

D'autre part, la norme DIN 4024 recommande que, en l'absence de système d'isolation vibratoire, le poids du radier d'un système « table + poteaux + radier » doit être au moins égal au poids de la table plus le poids des machines et que son épaisseur doit être au moins égale au dixième de sa longueur. Nous remarquons que cette recommandation n'a pas été suivie dans le cadre de la présente fondation.

Marly le 02/04/08

PJ : 5 annexes

V. HUSTACHE





ED 1484 P08 - 6 -

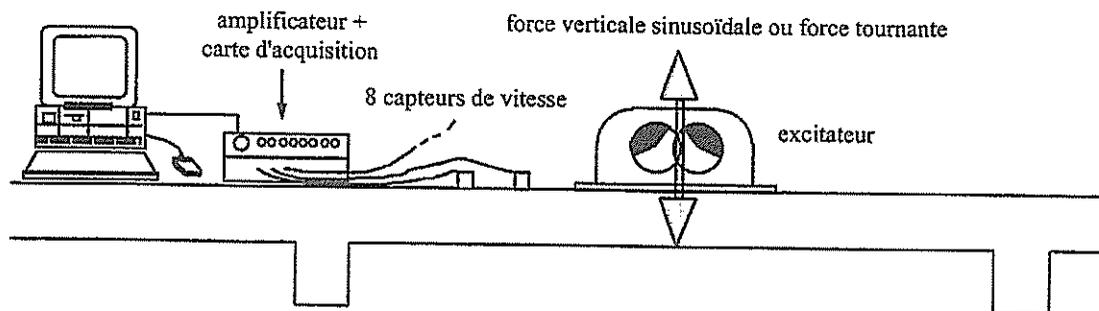
ANNEXE 1

Principe de fonctionnement de la machine à balourd

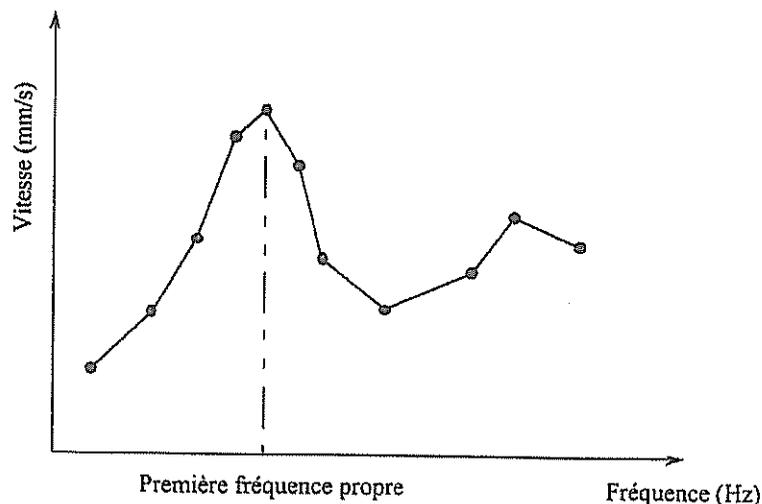
**UTILISATION D'UN VIBRATEUR POUR LA DETERMINATION
DE FREQUENCES PROPRES DE STRUCTURES**

PRINCIPE

Le principe consiste à fixer un vibreur sur la structure et à mesurer, en un ou plusieurs points, le déplacement vibratoire vertical, pour différentes vitesses de rotation du vibreur.



A partir de ces mesures, il est possible de tracer une courbe "vitesse vibratoire - fréquence excitatrice". Cette courbe permet notamment de mettre en évidence les premières fréquences propres des structures.



CARACTERISTIQUES DU VIBRATEUR

Le vibreur développe une force verticale sinusoïdale d'intensité et de fréquence variables :

- Fréquence : 5 à 45 Hz environ
- Balourd réglable : 0 à 0.31 mkg



ED 1484 P08 - 7 -

ANNEXE 2

Implantation des points de mesure

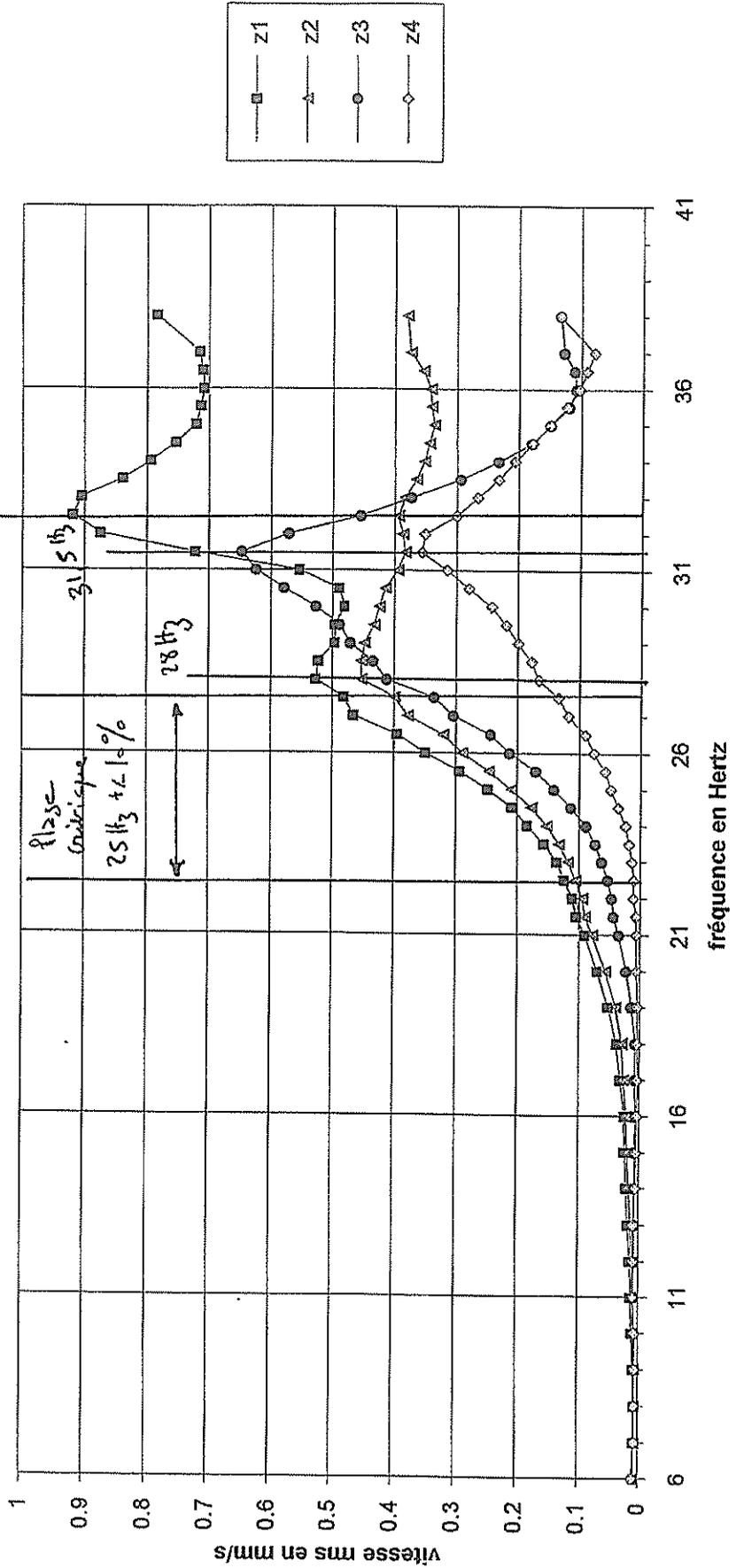


ED 1484 P08 - 8 -

ANNEXE 3

Direction verticale Z

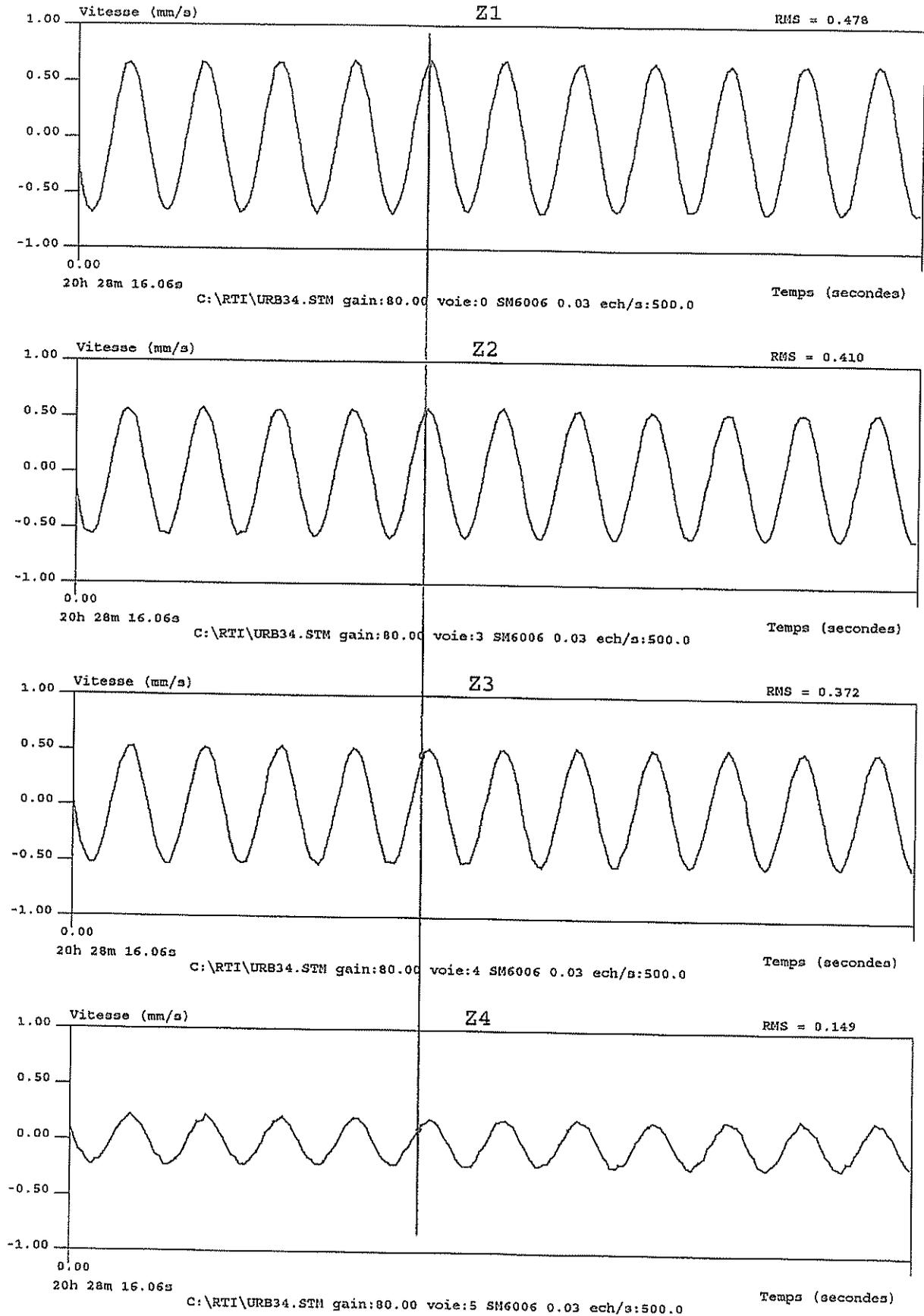
réponse Z1 - Z2 - Z3 - Z4



- Z1
- ▲— Z2
- Z3
- ◇— Z4

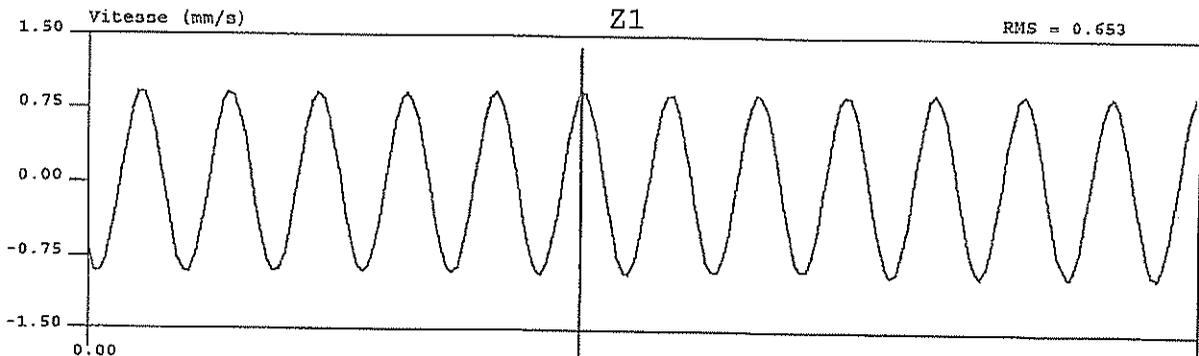
Fos, le 26-03-2008
enr34

$$f = 28 \text{ Hz}$$



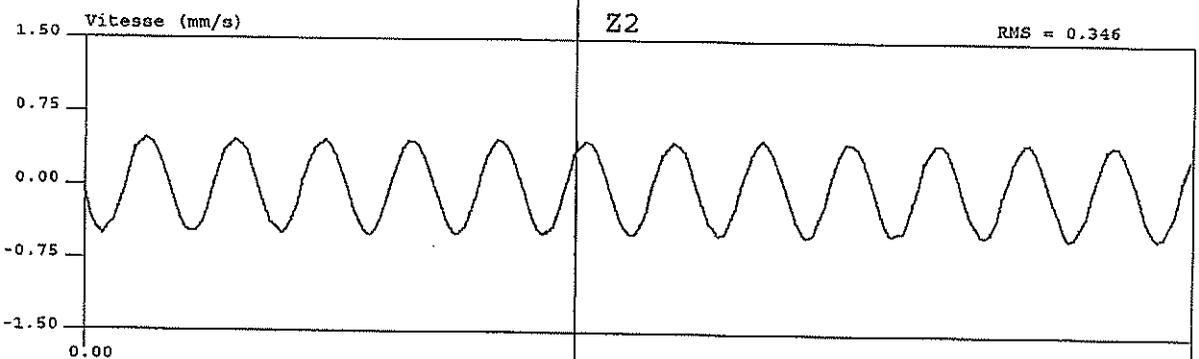
Fos, le 26-03-2008
enr41

$$f = 31,5 \text{ Hz}$$



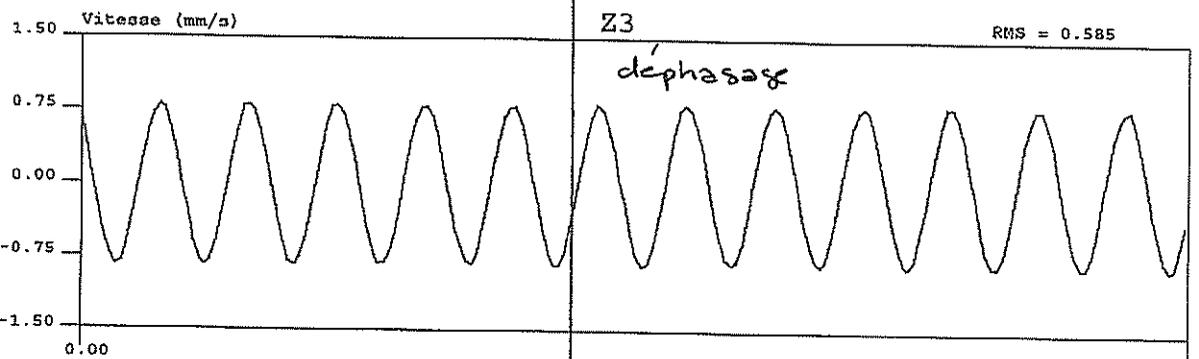
C:\RTI\URB41.STM gain:80.00 voie:0 SM6006 0.03 ech/s:500.0

Temps (secondes)



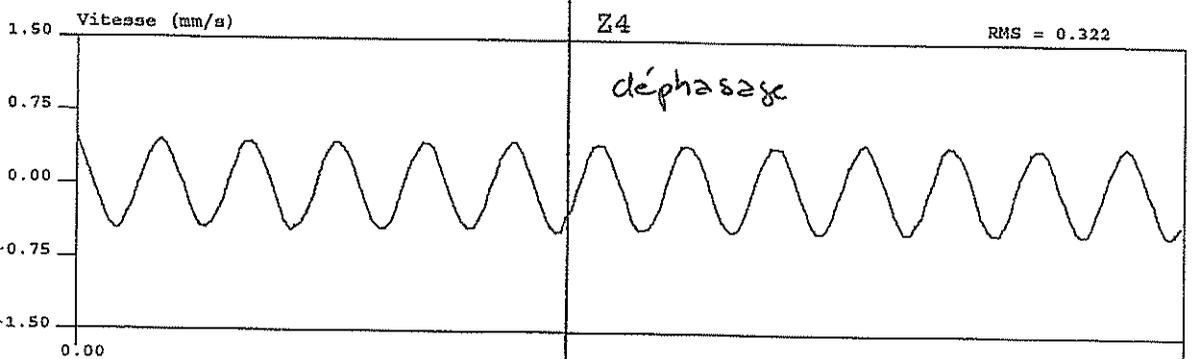
C:\RTI\URB41.STM gain:80.00 voie:3 SM6006 0.03 ech/s:500.0

Temps (secondes)



C:\RTI\URB41.STM gain:80.00 voie:4 SM6006 0.03 ech/s:500.0

Temps (secondes)

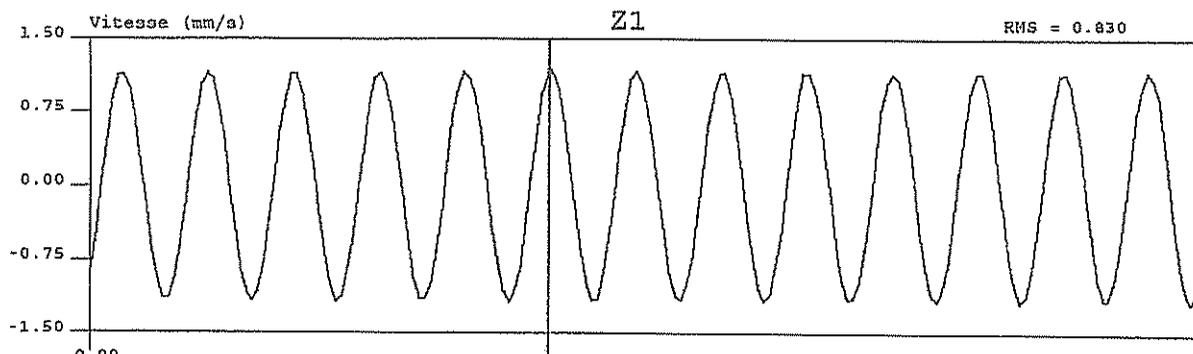


C:\RTI\URB41.STM gain:80.00 voie:5 SM6006 0.03 ech/s:500.0

Temps (secondes)

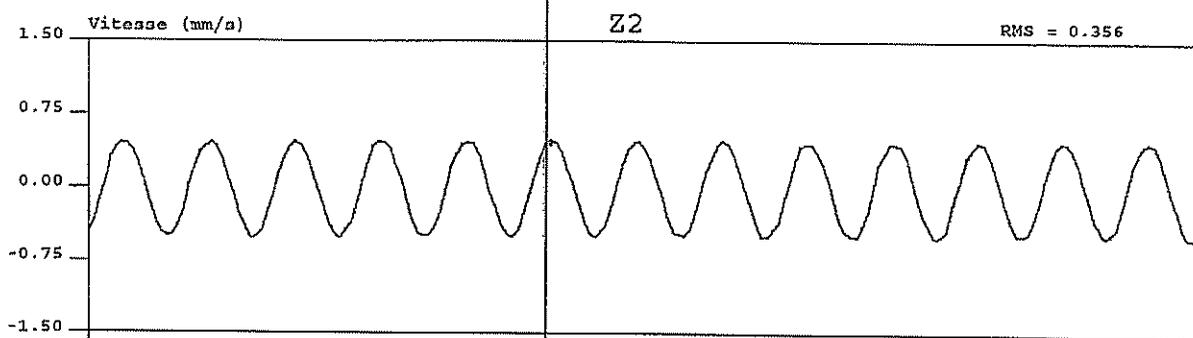
Fos, le 26-03-2008
enr43

$f = 32,5 \text{ Hz}$



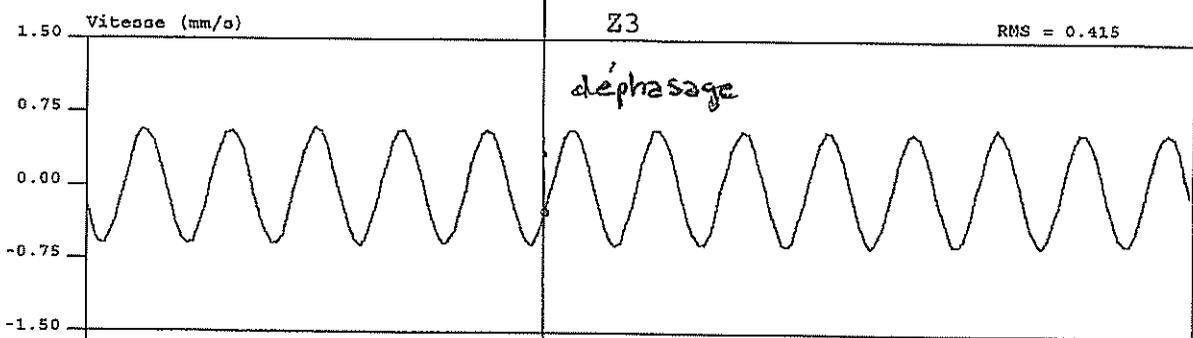
C:\RTI\URB43.STM gain:80.00 voie:0 SM6006 0.03 ech/s:500.0

Temps (secondes)



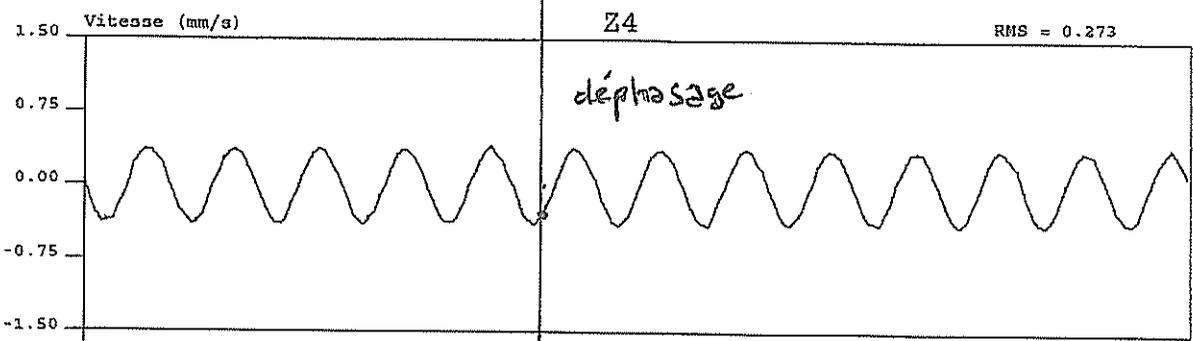
C:\RTI\URB43.STM gain:80.00 voie:3 SM6006 0.03 ech/s:500.0

Temps (secondes)



C:\RTI\URB43.STM gain:80.00 voie:4 SM6006 0.03 ech/s:500.0

Temps (secondes)



C:\RTI\URB43.STM gain:80.00 voie:5 SM6006 0.03 ech/s:500.0

Temps (secondes)

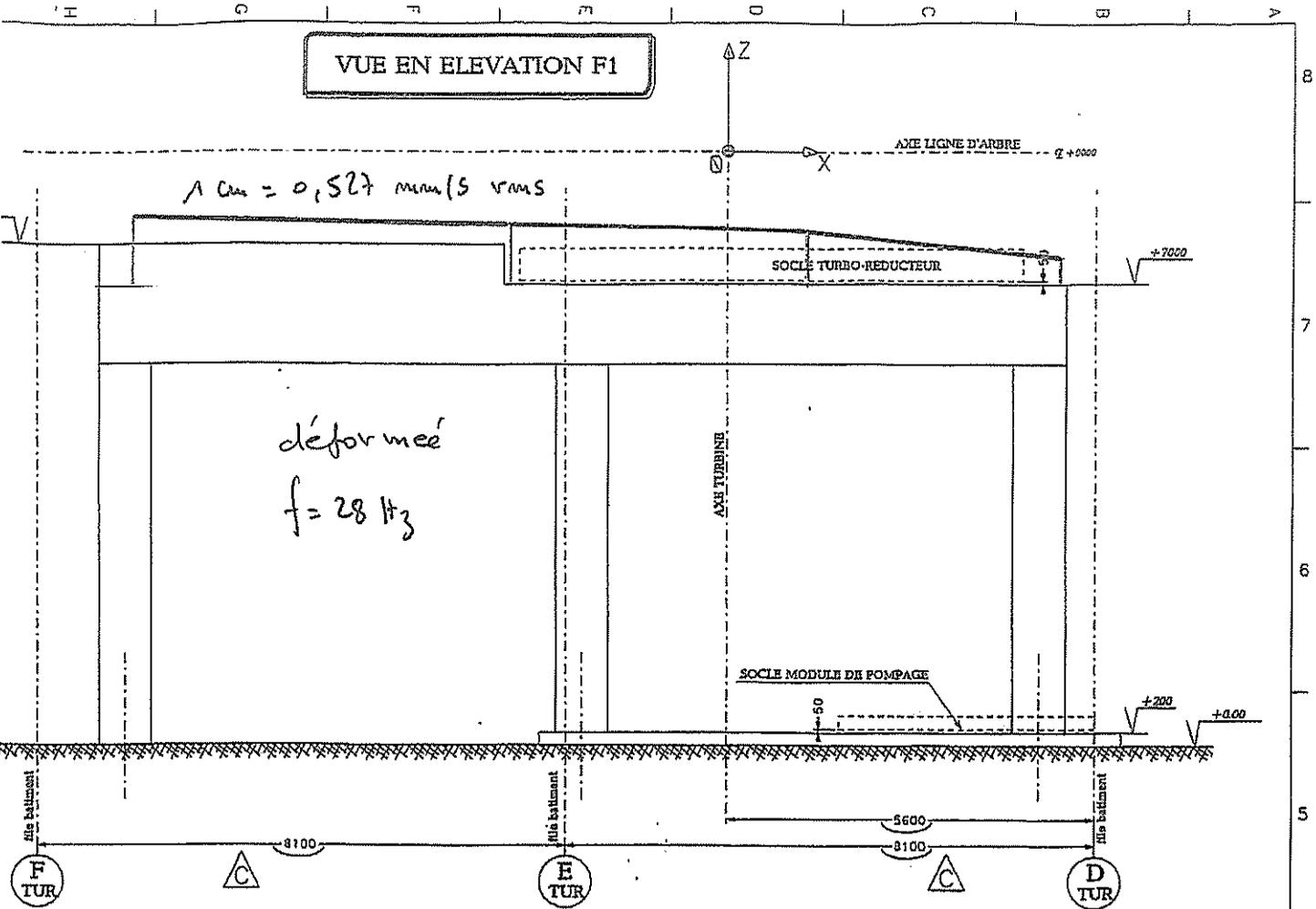
VUE EN ELEVATION F1

$A_{Ces} = 0,527 \text{ mm/s rms}$

déformée
 $f = 28 \text{ Hz}$

SOCLE TURBO-REDUCTEUR

SOCLE MODULE DE POMPAGE



A	21-Jan-02	PLAN PROJE BARRAGE	RF	LP	MC
B	20-Feb-05	MISE A JOUR	RF	LP	MC
C	03-Apr-06	MISE A JOUR	RF	LP	MC
Ind. Date	Commentaire		Élév. par / Vérifié par / Approuvé par		

Centre de traitement multifilières de déchets ménagers avec valorisation énergétique
Port Autonome de Marseille - Fos sur Mer

EVERE
EVERE
1300, avenue Albert Einstein
BP 31
34 823 Montpellier cedex 03 France
Tel: 04.37.00.00.00 Fax: 04.37.00.00.00

S'PACE
S'PACE Architectes associés
111 rue Méliès
54200 Nancy Cedex
Tel: 01.43.33.81.21 Fax: 01.43.33.81.11 Site web: spacetexture.architectes.com

MIRANDA
M&A architecture Bruno Mirando
11 Avenue de la Copolite
13013 Marseille
Tel: 04.91.78.84.88 Fax: 04.91.25.87.84 Site web: M&A-miranda.com

ENIM
ENIM
21, Bregellan
BP 204
83507 La Seyne Sur Mer cedex
Tel: 04.94.10.33.15 Fax: 04.94.16.15.83 Site web: www.enim.com

Émetteur: ENIM	Titre: PLAN GUIDE GENIE CIVIL VUES EN ELEVATION
	Format: A1 Echelle: 1:50
IPLGC002568/03	IP CLIENT: CNI VAE PG 0 203

DOCUMENTS COMPLEMENTAIRES
- IPLGC 001568

4	0	1	1	0	1	1	4	3	1	1	0	1	1	0	2	/	1	5	1	6	1	0	0	1	3	1	C
BPO																											

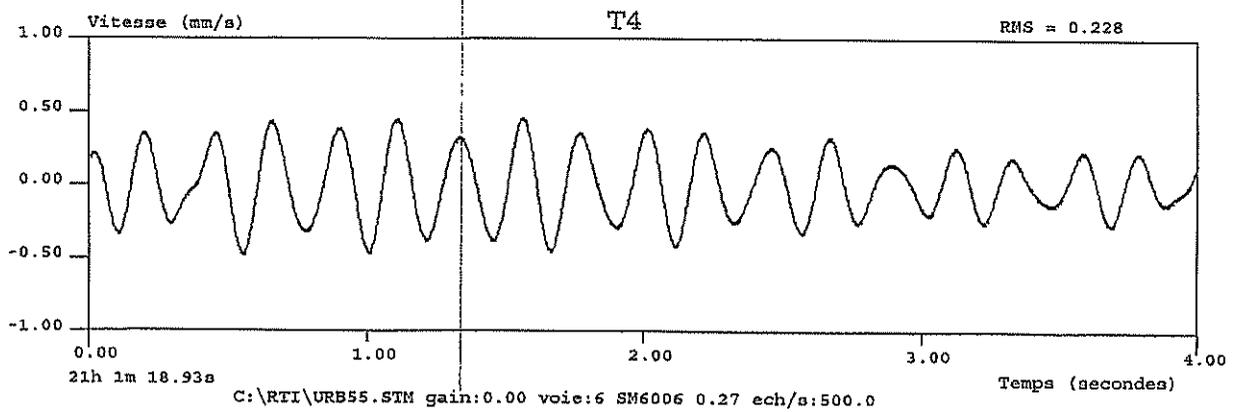
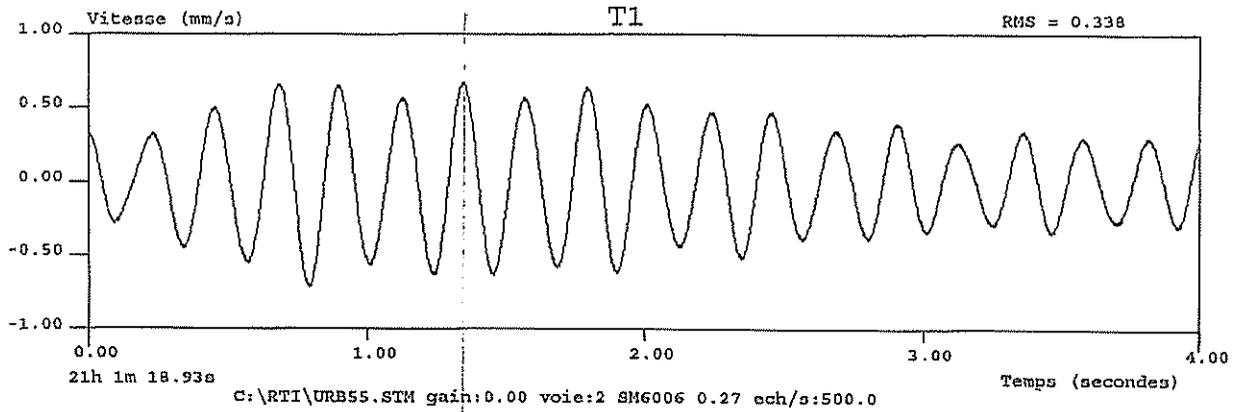


ED 1484 P08 - 9 -

ANNEXE 4

Direction transversale T

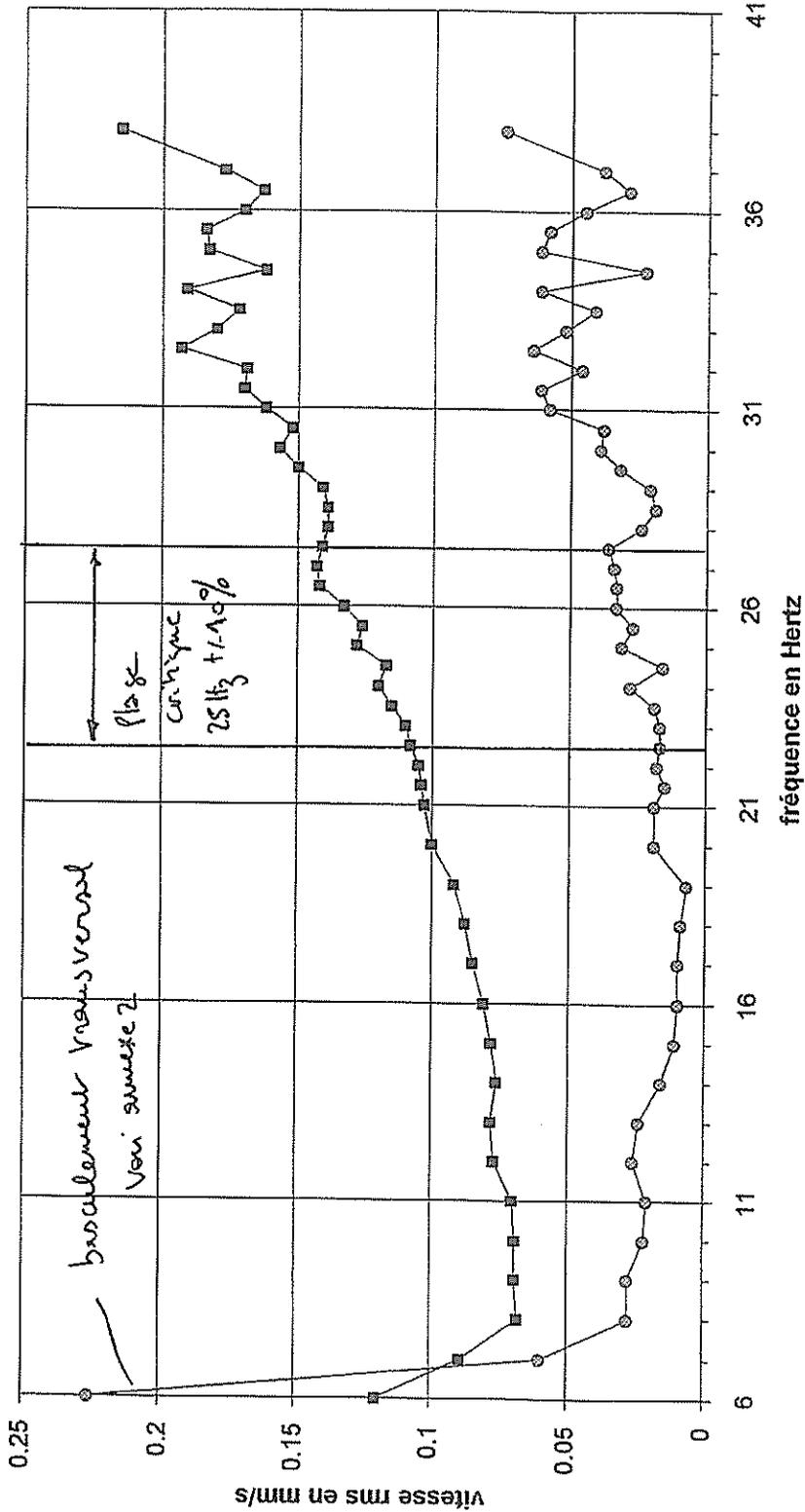
Fos, le 26-03-2008
enr55



$$f = 4.14 \text{ Hz}$$

basculement transversal

réponse T1 - T4



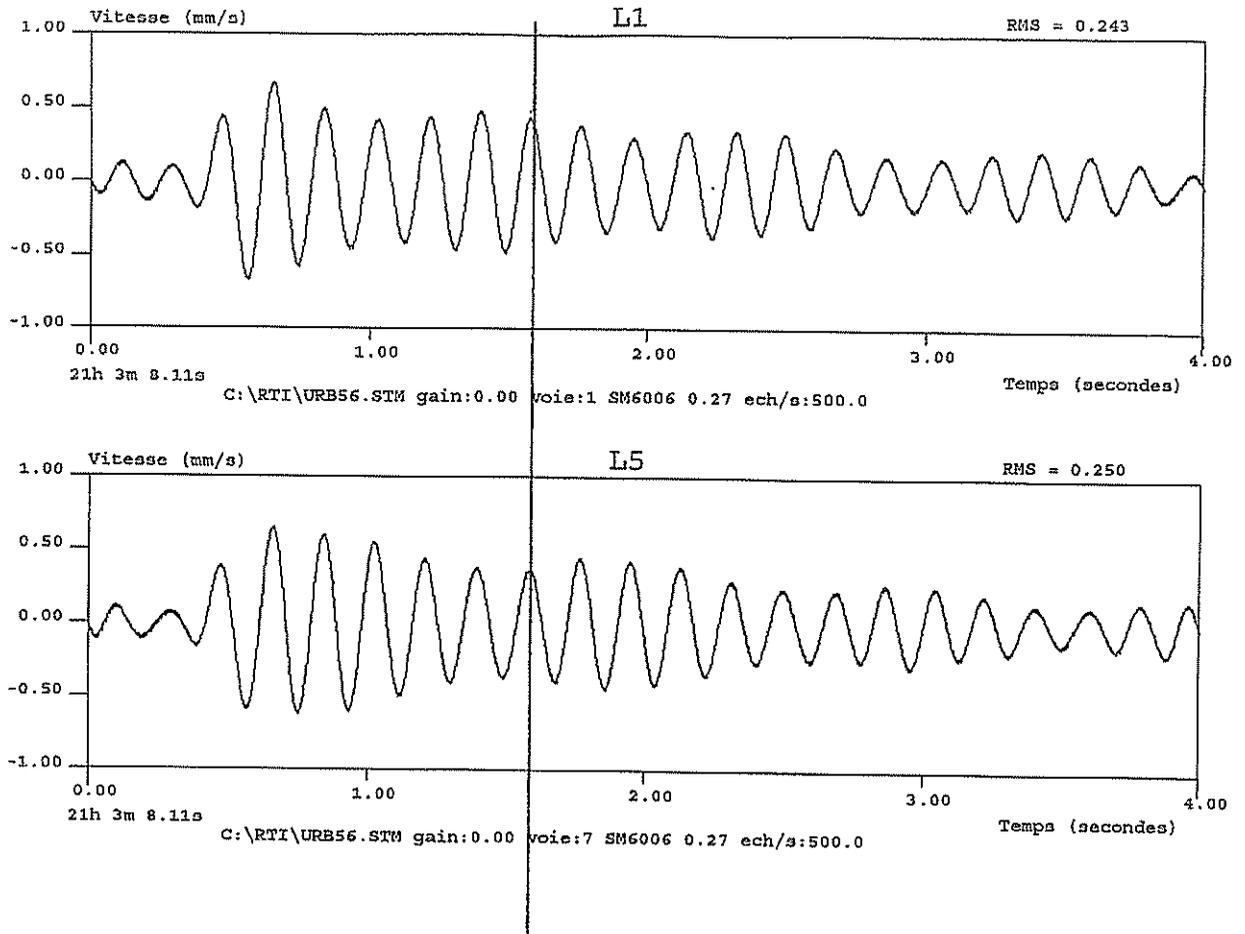


ED 1484 P08 - 10 -

ANNEXE 5

Direction longitudinale L

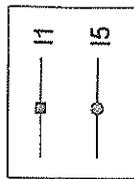
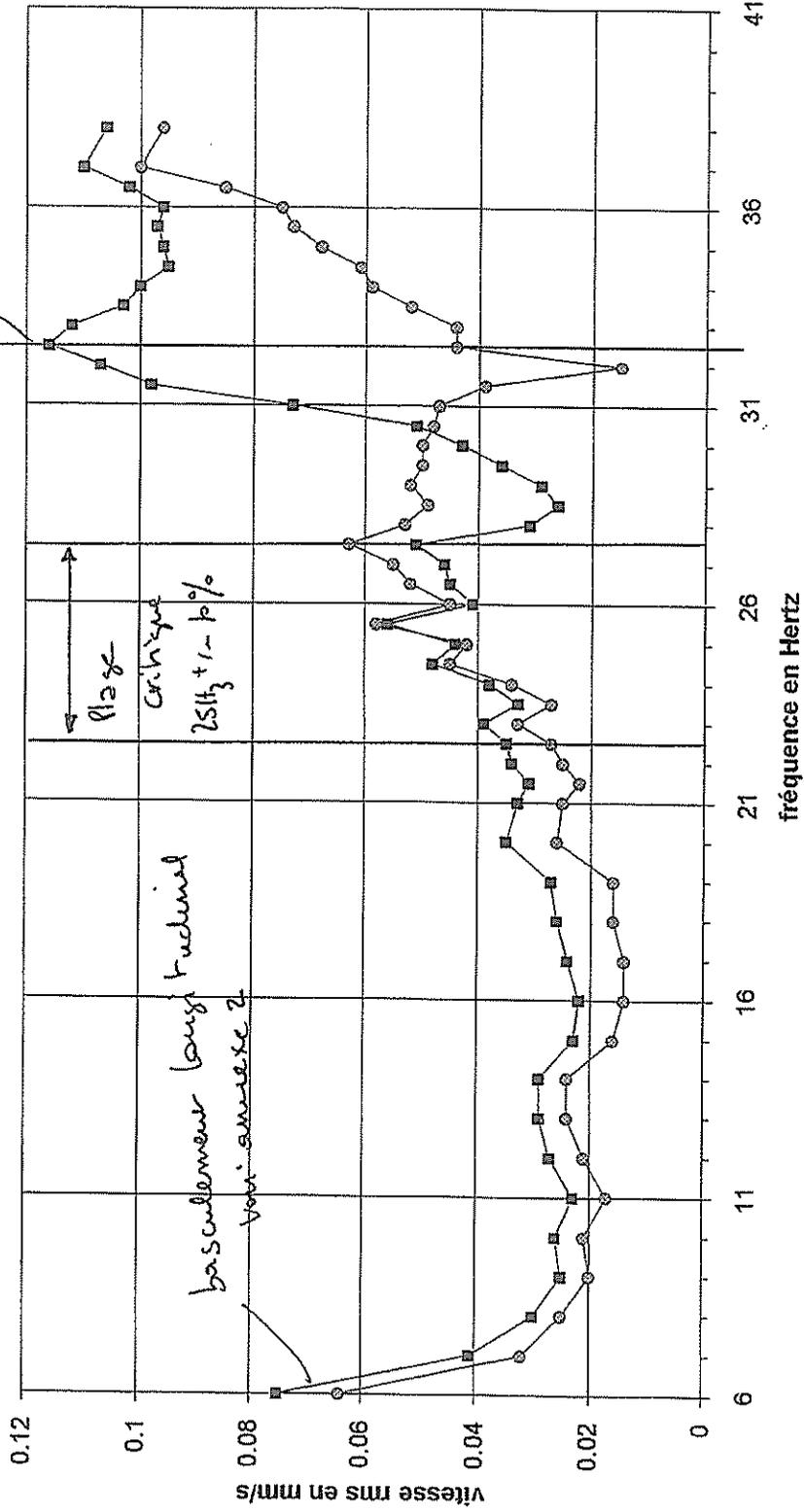
Fos, le 26-03-2008
enr56



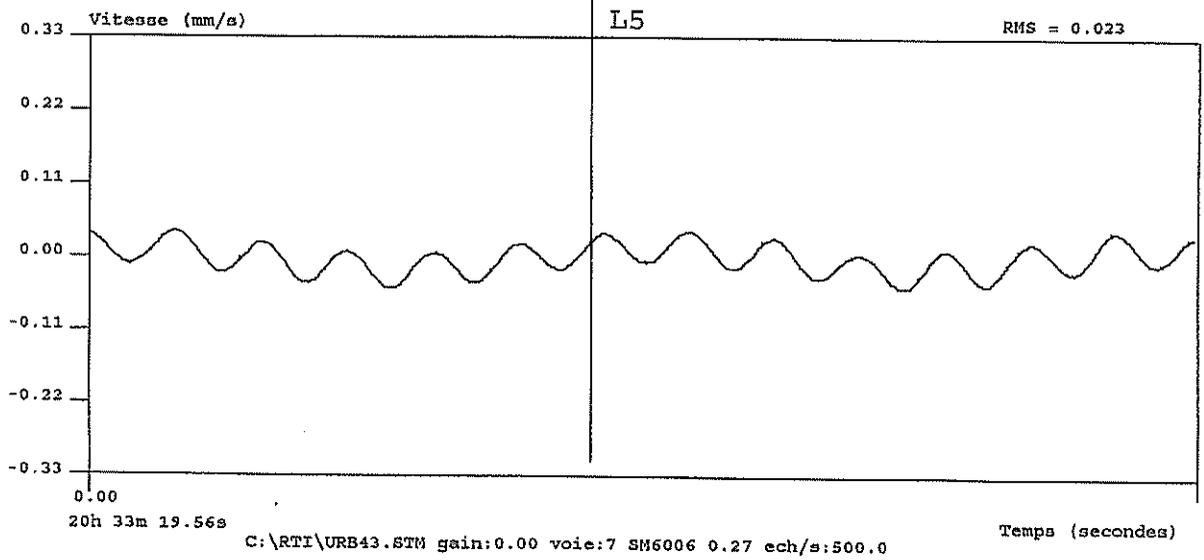
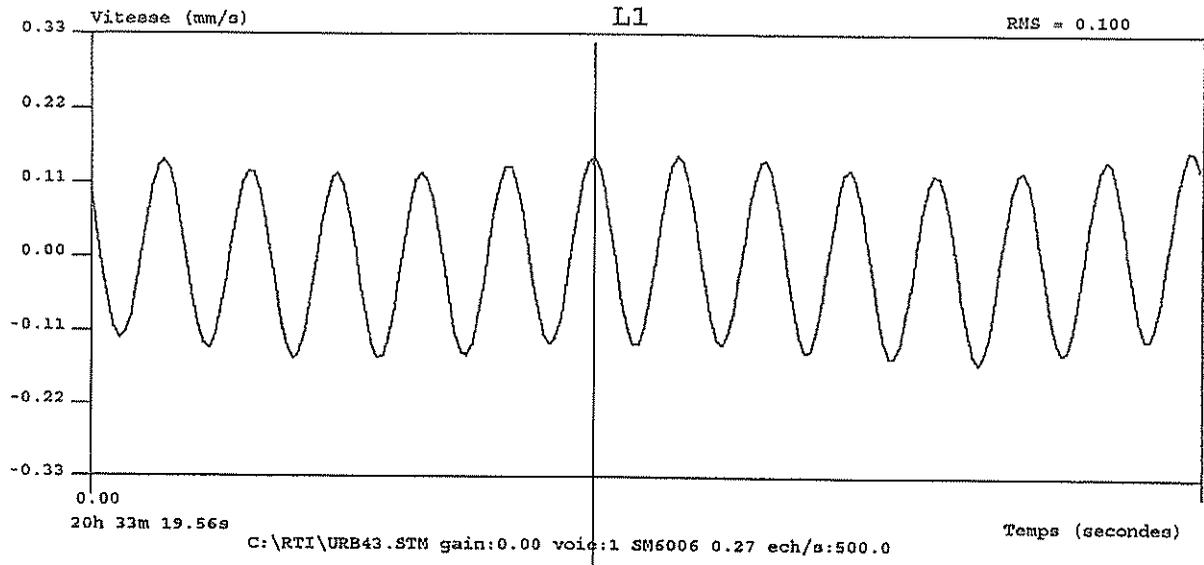
$$f = 5,4 \text{ Hz.}$$

basiquement longitudinal

réponse L1 - I5



Fos, le 26-03-2008
enr43



$$f = 32,5 \text{ Hz}$$