



LES CENTRIFUGEUSES ACUTRONIC

J. NICOLAS-FONT

ACUTRONIC - BP 64 - 8 rue des Dames - 78340 LES CLAYES SOUS BOIS

ABSTRACT

The paper describes the main activities that ACUTRONIC FRANCE Society develops in the design of important centrifuges for testing. These activities interest mainly two areas : geotechnical engineering and biomechanical engineering. A list of the operational geotechnical centrifuges over the world is given.

1. GENERALITES

Il existe entre autres dans le catalogue ACUTRONIC FRANCE des grandes centrifugeuses d'essais, deux familles :

- les centrifugeuses géotechniques
- les centrifugeuses de bio-mécanique

A chacune de ces familles de machines correspondent des caractéristiques de fonctionnement précises et distinctes, correspondant bien entendus aux besoins différents exprimés par les utilisateurs.

2. SPECIFICATIONS

Afin de bien décrire les différences qu'il existe entre les deux familles de centrifugeuses, le tableau ci-après fait le parallèle sur les points essentiels de leur fonctionnement.

Désignation	Centrifugeuses géotechniques	Centrifugeuses bio-mécaniques
CENTRIFUGEUSE		
Rayon moyen	$\geq 1,8$ m	≥ 4 m
Accélération centrifuge	≥ 200 g	10 à 15 g
Gradient d'accélération	$\approx 0,5$ g/s	6 à 10 g/s
Accélérations parasites	≈ 3 g	$\leq 0,5$ g
Equilibrage à l'arrêt	oui	non
Equilibrage en rotation	oui	non
Mesure du balourd	oui	non
Motorisation	électrique	électrique
Nature	moteur asynchrone +	moteur synchrone et
Variation de vitesse	réducteur	entraînement direct
Dimensionnement structure	variation de fréquence contraintes	variation de fréquence raideur
NACELLE		
Degrés de liberté	1	1 ou 2
Mouvement	pendulaire	asservi
Motorisation	sans	électrique
Nature	sans	moteurs sans balais à aimants permanents
Masse embarquée	importante	petite
Dimensionnement structure	raideur	raideur
Equilibrage à l'arrêt	non	oui
LIAISONS A LA NACELLE		
Electriques	oui	oui
Fluidiques	oui	oui
Fibre optique	oui	oui
Vidéo	oui	oui
ASSERVISSEMENT		
Bande passante	environ 1 Hz	≥ 10 Hz
Précision d'accélération	0,5 %	1 %
Stabilité d'accélération	0,2 % sur 24 h	sans
Durée essai	grande ≥ 24 h	petite ≤ 5 mn
Pilotage manuel	oui	oui
Pilotage programmé	oui	oui
Pilotage depuis nacelle	non	oui

3. CENTRIFUGEUSES GEOTECHNIQUES

Il est inutile de répéter la description de ces centrifugeuses pour lesquelles il existe une bibliographie importante. En ce qui concerne les centrifugeuses ACUTRONIC il est possible de se référer à J. NICOLAS-FONT (1988, 1990 et 1991).

Il est important de remarquer que les possibilités d'essais offertes par la simulation en centrifugeuse sont de plus en plus appréciées par les ingénieurs en mécanique de sols. Cet enjouement traduit sans aucun doute les bons résultats que permet d'obtenir cette technique et se trouve être en corrélation avec la croissance du nombre des centrifugeuses existant dans le monde.

Sans vouloir être exhaustifs, les tableaux des pages suivantes donnent la liste des centrifugeuses existantes ou en projet actuellement. Cette liste est classée par pays. L'attention du lecteur est attirée sur le fait que charge maximale et accélération maximale ne vont pas de paire.

PAYS	ORGANISME	ANNEE DE MISE EN OEUVRE	RAYON A LA PLATEFORME (m)	CHARGE MAXIMALE (kg)	ACCELERATION MAXIMALE (g)	CONSTRUCTEUR
Allemagne	Un. Bochum	1987	4.125	2000	250	Krupp Acutronic (661-1)
	Un.Bochum	1992	1.8	500	200	
Australie	UWA	1989	1.8	500	200	Acutronic (661-1)
Canada	Queen's Un*			1	20000	Acutronic (680-2)
	Queen's Un		2.68		270	
	C.Core	1993	5.5	2000	200	
Chine	UN. Hehai	1974	2.4	100	250	
	NRHI	1982	2.9	100	200	
	NRHI	1990	5	2000	200	
	CHIDI*	1985	10.8	3000	110	
	YRSRI	1985	3	1000	300	
	SRI	1987	1.55	100	200	
	IWHR	1990	4	1500	300	
Danemark	DEA	1973	0.65	25	1000	
	DEA	1975	2.3	1250	80	
France	CEA-CESTA*	1964	10.5	2000	100	Latécoère Acutronic (680)
	LCPC	1986	5.5	2000	200	
Grande- Bretagne	UMIST	1969	1.5	750	150	UN. Cambridge Triotech Acutronic (661)
	Simon	1971		5500	200	
	Un.Cambridge	1974	4.3	900	170	
	Un.Liverpool	1974	1.15	200	200	
	City Un.	1988	1.8	500	200	
	Un.Manchester		3.2	5500	140	
	Luton			225	80	
Italie	ISMES	1988	2	400	600	
Japon	Un.Osaka	1965	2.56	200	200	Acutronic (665-1) Acutronic (665-1)
	Un.Chuo	1987	3.05	550	180	
	Un.Chuo		1.18	150	270	
	Kajima	1990	3	1000	200	
	Nikken Sekkei	1992	3	1000	200	
	PHRI		3.8	2700	115	
	TIT	1970	1.18		300	
	TIT		1.26	250	150	
	PWRI		1.25	130	360	
	Toyo		2.20	300	250	
	Takenaka	1993	7.0	5000	200	
	Pays-Bas	Un.Delft	1989	6	5500	
Portugal	LNEC	1992	1.8	500	200	Acutronic (661-1)

PAYS	ORGANISME	ANNEE DE MISE EN OEUVRE	RAYON A LA PLATEFORME (m)	CHARGE MAXIMALE (kg)	ACCELERATION MAXIMALE (g)	CONSTRUCTEUR
URSS	MIIT	1961	2.5	2 X 170	320	
	NIIS	1961	2.5	2 X 170	320	
	AZNIISM	1974	5.5	2500	500	
	TSNIIS		2.5		95	
	Un.Kiev		2.5	2200	300	
USA	MSM	1956	0.9			
	Sandia*	1968	7.5	3500	200	
	Sandia		2.13	250	150	
	Un.Boulder	1988	5.49	2000	200	
	Un.Boulder		1.36	136	100	Genisco
	Un.Davis	1989	9.1	3600	300	
	Un.Davis		1			Schacvitz
	Un.Californie	1989		4000	100	
	Un.Californie			100	100	
	RPI	1989	3	1000	200	Acutronic (665-1)
	Boeing*			200	600	Boeing
	Caltech			40	175	
	Un.Princeton		1.3	100	100	Genisco
	Un.Maryland			75	200	
	MIT			75	200	
	CI			1		
	Un.Floride				60	120
Un.Floride				50	100	
Tyndall AFB*			1.83	150	100	
Upsalla*			0.5	10	4000	
Un.Columbia*				1	2500	
US Corp.Eng.	1993		6.5	6000	350	Acutronic (684-1)

* Installation non spécifique au Génie Civil

4. CENTRIFUGEUSES BIO-MECANIKES

Comme leur nom générique l'indique ces centrifugeuses sont destinées à l'étude du comportement mécanique de modèles biologiques sous l'effet de fortes accélérations. Le fonctionnement de ces centrifugeuses simule essentiellement les accélérations produites par les avions de combat modernes afin de permettre l'étude des phénomènes entraînant la perte rapide de connaissance subies par les pilotes.

Ces pertes de connaissance se produisent brusquement, sans signes avant-coureurs, et entraînent dans la majorité des cas la perte du pilote et de l'avion : entre 1980 et 1986 les Etats Unis (US Air Force) ont perdu au moins 30 appareils, en général avec mort des pilotes (P. QUANDIEU). La cause principale de cette perte de connaissance est la diminution du flux sanguin irrigant le cerveau d'un sujet soumis à une forte accélération dont la direction est parallèle à la colonne vertébrale.

Les objectifs des essais sur centrifugeuses sont par conséquent :

- l'entraînement des pilotes
- la recherche médicale
- la recherche sur les appareillages permettant d'augmenter le domaine de tolérance.

1. Technologies adoptées par ACUTRONIC

Afin d'obtenir les performances dynamiques voulues pour ces centrifugeuses (gradient d'accélération jusqu'à 10 g/s), ACUTRONIC a adopté les technologies suivantes :

- Réalisation de la centrifugeuse en matériaux composites afin d'augmenter le rapport raideur / masse, ce qui permet l'optimisation de la puissance nécessaire à la motorisation qui est malgré tout de l'ordre de 1000 kW.
- Réalisation d'une motorisation électrique par moteur triphasé synchrone basse vitesse (50 tr/mn max) et entraînement direct du bras de la centrifugeuse car les cycles de fonctionnement sont courts mais très "hachés" (variation environ toutes les secondes du sens du couple moteur maximal transmis).

- Réalisation en bout de bras d'une nacelle à deux degrés de liberté asservis en position afin d'orienter parfaitement la colonne vertébrale du sujet suivant la direction de l'accélération résultante centrifuge + tangentielle + pesanteur).
- Réalisation de moteurs triphasés à aimants permanents sans balais pour la motorisation des axes nacelles.
- Mise en rotation de la centrifugeuse de façon à obtenir des variations linéaires d'accélération résultante.

2. Réalisations ACUTRONIC

A l'heure actuelle ACUTRONIC a réalisé une centrifugeuse bio-mécanique de 4m de rayon avec une nacelle à un degré de liberté et permettant l'emport d'une charge utile de 40 kg. L'accélération maximale de cette centrifugeuse est de 15g avec un gradient de 6g/s. Cette centrifugeuse est installée au CERMA (Service Médical de l'Armée de l'Air Française), dans l'enceinte du Centre d'Essais en Vol de Brétigny.

Une autre centrifugeuse plus importante est en cours de réalisation pour une mise en route en 1993. Elle a 6m de rayon avec une nacelle à deux degrés de liberté et permet l'emport d'une charge utile de 200 kg. L'accélération maximale de cette centrifugeuse est de 10g avec un gradient de 6g/s. Elle est destinée à l'entraînement des pilotes de chasse de l'Armée de l'Air Française.

3. Perspectives

Bien qu'il existe déjà par le monde bon nombre de centrifugeuses bio-mécaniques à faible dynamique (environ 1g/s) répondant aux performances des avions de chasse développés après la deuxième guerre mondiale, celles-ci sont inadaptées aux exigences des avions actuels et encore moins des avions futurs.

Il paraît donc évident que l'Armée de l'Air dans son ensemble souhaite, à plus ou moins longue échéance, acquérir une centrifugeuse moderne ayant les capacités dynamiques voulues. L'action d'ACUTRONIC s'inscrit dans ce cadre et, bien que la concurrence dans ce domaine soit plus sévère que dans le domaine géotechnique, nous pensons construire une vingtaine de centrifugeuses sur une période de dix ans.

5. BIBLIOGRAPHIE

- (1) J. NICOLAS-FONT : Design of geotechnical centrifuge. Centrifuge 88, Corté 1988 Balkema, Rotterdam.
- (2) J. NICOLAS-FONT : Sur la conception des centrifugeuses géotechniques, Premières Journées Inter-universitaires 1990, Université du Havre, Université de Nantes
- (3) J. NICOLAS-FONT : Design, construction and operation of 100 g-ton centrifuge at RPI, Centrifuge 91, Hom-Yim Ko 1991 A.A. Balkema, Rotterdam, Brookfield.
- (4) P. QUANDIEU, D. GAFFIE, PH. LIEBAERT, M. BRIANE, J.C. SARRON, A. GUILLAUME, D. TRAN et J. PH. HAYMAN : G-Loc, Gz et hypoxie cérébrale Gz/s et hypertension intracrânienne, AGARD conference proceedings 516 distribué par ONERA 92220 Chatillon/Bagneux.