



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL AERONÁUTICA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO



**Laboratoire d'étude des Transferts
en Hydrologie et Environnement**

Université Joseph Fourier

Grenoble, França, 14 de agosto de 2009

Fernanda Muzzio Almirão

FOLHA DE APROVAÇÃO

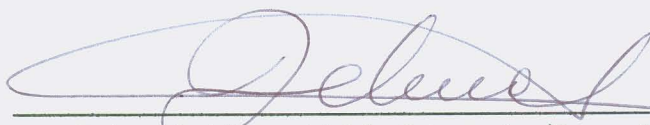
Relatório Final de Estágio Curricular aceito em 20 de Agosto de 2009 pelos abaixo assinados:



Fernanda Muzzio Almirão



Jean-Pierre Gourc - Orientador/ Université Joseph Fourier



Delma de Mattos Vidal - Orientador/Supervisor no ITA



Eliseu Lucena Neto - Coordenador do Curso Civil Aeronáutica

INFORMAÇÕES GERAIS

Estagiário

Fernanda Muzzio Almirão
Engenharia Civil Aeronáutica

Empresa/Departamento

Laboratoire d'étude des Transferts en Hydrologie et Environnement
Université Joseph Fourier

Orientador/Supervisor da Empresa

Professor Jean-Pierre Gourc

Orientador/Supervisor do ITA

Professora Delma de Mattos Vidal

Período

28/01/2009 à 10/07/2009

Total de horas: 832 horas

Índice

I. INTRODUÇÃO.....	5
II. O Laboratório.....	5
II.1. Informações	5
II.2. Área onde foi desenvolvido o programa de estágio	5
II.3. O Estágio no Contexto do Laboratório	5
III. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS	6
III.1. Resumo do Estágio	6
III.2. Descrição conceitual de métodos, ferramentas, recursos estudados/usados no estágio	6
III.3. Participação em treinamentos.....	8
III.4. Atividades realizadas	8
III.5. Dificuldades encontradas	11
IV. COMENTÁRIOS E CONCLUSÕES	12
V. ANEXOS	12
V.I Organograma do Laboratório	12
V.II Apresentação Power Point	12

I. INTRODUÇÃO

Esse estágio dará continuidade às pesquisas que visam a compreensão mais apurada de todo o processo de mobilização da resistência ao cisalhamento de interface sendo fundamental para o dimensionamento mais preciso e seguro de estruturas com camadas múltiplas de geossintéticos. Possui perspectiva de emprego em todas as condições em que se possui revestimento em taludes, à citar: revestimento de canais reservatórios, proteção de margens, controle de erosão e áreas de disposição de resíduos (sistemas em camadas de cobertura de aterros sanitários).

II. O Laboratório

II.1. Informações

O laboratório LTHE (Laboratoire d'étude des Transferts en Hydrologie et Environnement) é constituído por cinco equipes sendo elas :

- Atmosphère et Systèmes Précipitants
- Hydro-Géo-Physique
- Interfaces et Bilans Spatialisés
- RIVER : Rivières, Erosion et contaminants
- TRANSferts couplés en milieux POREux hétérogènes

O laboratório fica situado em Grenoble, França e é mantido pela Université Joseph Fourier (UJF), École de Ingenieur (INP), Centre Nacional de la Recherche Scientifique (CNRS) e Institute de Recherche pour le Développement (IRD).

II.2. Área onde foi desenvolvido o programa de estágio

A equipe na qual eu estava inserida era a equipe TRANSferts que possui pesquisa focada na questão ambiental, especialmente no se tratar de aterros sanitários e do aproveitamento de material orgânico para produção de biogás, dentre outros. De forma mais precisa, estudam o transporte e imobilização de contaminantes em meios porosos heterogêneos, bem como os diferentes comportamentos destes poluentes.

O organograma da instituição é mostrado em anexo.

II.3. O Estágio no Contexto do Laboratório

O estágio tinha como finalidade para o LTHE a validação de resultados obtidos em outros trabalhos do mesmo laboratório. O plano inclinado que foi desenvolvido no LTHE modificava algumas prescrições da norma europeia sem confirmar se essas modificações alterariam os resultados finais do teste. Era necessário, portanto, um estudo comparatório entre o plano inclinado desenvolvido no LTHE e o plano prescrito pela norma europeia.

III. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

III.1. Resumo do Estágio

Titulo: Caracterização do atrito de interfaces de geossintético por meio de experimento com plano inclinado.

Resumo: A pesquisa tem como propósito reunir e analisar um conjunto de resultados de atrito de interfaces obtidos em ensaios de dois tipos de plano inclinado por meio da composição de diferentes pares de camadas de geossintéticos. O objetivo é avaliar o comportamento em atrito destas interfaces, sob solicitações dinâmicas onde atuam baixas tensões confinantes – inclusive em situações de grandes deformações –, comparando os resultados obtidos nos dois tipos de plano. Ainda, são estudados novos procedimentos para caracterização do ângulo de atrito através do aparelho de plano inclinado.

III.2. Descrição conceitual de métodos, ferramentas, recursos estudados/usados no estágio

Foram realizados experimentos em dois planos inclinados de dimensões e procedimentos de ensaio diferentes e os resultados obtidos em cada ensaio serão comparados e confrontados com a norma europeia : European Standard EN ISO 12957-2, 2005.

Plano inclinado nº 1: aparelho de grande dimensão. Este aparelho está de acordo com as dimensões propostas pela norma europeia. Além dos ensaios conforme a norma, serão realizados ensaios de força. Nesse ensaio é medido a força necessária para segurar a caixa superior enquanto o plano está sendo inclinado. Na Figura 1 é mostrado a foto deste dispositivo.



Figura 1 - Aparelho de grandes dimensões

Plano inclinado nº 2: aparelho de pequenas dimensões. Este aparelho tem tamanho reduzido com a finalidade de permitir análises do ângulo de atrito dinâmico. Na Figura 2 é mostrado a foto deste dispositivo.



Figura 2 –Aparelho de pequenas dimensões

No se tratar da norma europeia para ensaios de plano inclinado, bibliografias já existentes consideram que ela é muito conservadora em termos da definição do ângulo de atrito entre as interfaces de geosintéticos. Segundo a norma, o ângulo de atrito de uma interface é equivalente ao ângulo de inclinação do plano referente a um deslocamento de 50 mm da caixa superior, independente da interface testada.

Os ensaios que estão sendo feitos poderão sugerir uma definição mais específica para o ângulo de atrito uma vez que tem sido verificadas certas peculiaridades em determinados testes de acordo com a interface adotada – prevê-se três tipos diferentes de comportamentos de deslizamento para as interfaces testadas.

Os materiais testados são mostrados na Tabela 1 e na Tabela 2.

Tabela 1 – Geotêxteis utilizados para teste

Geotêxteis	Notação	Espessura (mm)
Nonwoven Needle Punched reinforced with PET wires biaxial PEC 55/50	nnp	2,5
Nonwoven Needle Punched reinforced with PET wires biaxial PEC 75/75	Rock	2,6
Nonwoven Needle Punched P40	P40	3,4
Nonwoven Needle Punched and calandered Geodren	Geo	1,4
Nonwoven Heat-Bounded SF56	HB	0,57

Tabela 2 – Geotêxteis utilizados para teste

Geomembranas	Notação	Espessura (mm)
High Density Polyethylene	HDPE	1,5
Polyvinyl Chloride	PVC	1,5
Polypropylene	PP	1,0
Ethylene Propylene Diene Monomer	EPDM	1,2

III.3. Participação em treinamentos

Não fiz nenhum treinamento enquanto estive no estágio mas participei de um curso de francês pago pelo laboratório na Aliança Francesa. O curso era de 4 horas semanais, teve início em março e término em julho.

III.4. Atividades realizadas

Após a devida revisão bibliográfica, deu-se início aos ensaios com um dos planos inclinados (plano nº 1). Esses ensaios foram feitos em conjunto com o Dr. Laurent Briançon, quem fez sua tese de doutorado a partir do estudo desse plano inclinado. Na verdade, dividiu-se a responsabilidade dos testes nos planos nº 1 e nº 2. Os ensaios no plano nº 1 ficaram sob responsabilidade do Dr. Briançon, que deixou outra estagiária responsável por esses teste. Os ensaios no plano nº 2 ficaram sob minha responsabilidade. Eu acompanhei o início dos ensaios do plano nº 1 para tomar conhecimento do experimento e o Dr. Briançon me ajudou nos últimos testes do plano nº 2 devido à delongas com entregas de material e problemas com o aparelho.

A medida que os ensaios foram feitos, preparou-se os gráficos e deu-se início à redação, em inglês, do artigo para a revista *Geotextils and Geomembranes* e, conseqüentemente, a do trabalho de graduação.

Os testes realizados, uma vez compilados e analisados, eram apresentados para o Professor Gourc, quem fazia algumas sugestões de análises que estão sendo atendidas. Foram feitas cerca de 5 reuniões com o professor.

No dia 14 de maio foi apresentado uma pequena descrição e resultados dos projetos para os demais membros do laboratório para que eles pudessem conhecer, sugerir e criticar o trabalho. (Apresentação em anexo)

No dia 15 de maio foi feita uma visita ao aterro sanitário de Penol, próximo à Grenoble. Esta foi uma visita bastante interessante e instrutiva. Apesar deste aterro ser considerado pequeno em comparação aos demais localizados no país, foi possível aprender a respeito do tratamento do chorume, da proteção do solo com camadas de geosintéticos e da separação do lixo que será reciclado do lixo que será despejado no aterro.



Figura 3 - Separação do lixo para reciclagem no centro de triagem.

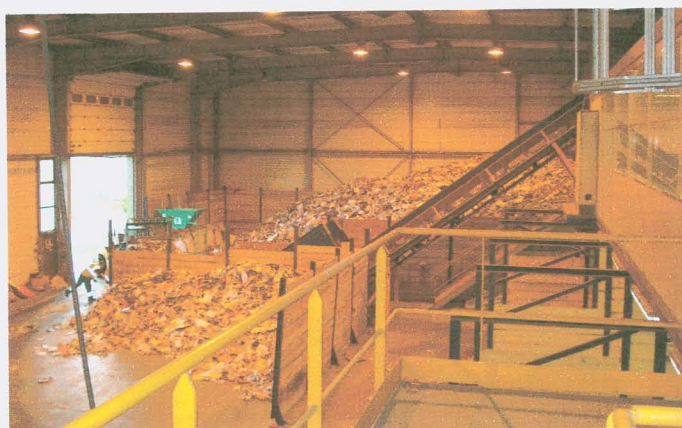


Figura 4 - Material armazenado para compactação.



Figura 5 - Despejo de rejeitos no aterro.



Figura 6 - Despejo de rejeitos no aterro.

As interfaces testadas ao longo do estágio e que apresentaram valores condizentes e possíveis para análise são mostradas na Tabela 3 e na Tabela 4. Para melhor identificação das amostras, cada série de ensaios em uma mesma amostra de geosintético foi numerada em ordem de realização e cada série era composta de, em média, 5 ensaios. No total, e apenas considerando o plano inclinado nº 2, foram feitos cerca de 150 ensaios.

Tabela 3 - Interfaces testadas no plano inclinado nº 1.

Geotêxteis	Geomembranas			
	PVC	HDPE	PP	EPDM
nnp	40, 43	45	80	56, 57, 58
HB	73	75, 81	x	x
Geo	x	x	82	59, 60, 61
P40	74	x	x	52, 53, 62, 64, 65

Tabela 4 - Interfaces testadas no plano inclinado nº 2.

Geotêxteis	Geomembranas			
	PVC	HDPE	PP	EPDM
nnp	30	31	32, 33	x
HB	29	21, 24	34, 35, 36, 37	x
Geo	x	28	25, 26, 27	x
P40	20	22, 23	x	x

Em resumo, as atividades realizadas foram inseridas na Tabela 5.

Tabela 5 – Atividades realizadas no período de janeiro à julho de 2009

Atividades realizadas	
Janeiro - Fevereiro	Revisão bibliográfica
Março	Ensaaios com plano inclinado de grandes dimensões. Interfaces testadas: Geotêxtil não tecido/PVC Geotêxtil não tecido/Polipropileno e PVC/PVC
	Início da redação do artigo para revista
	Início de curso de francês (4 horas por semana)
Abril	Ensaaios com plano inclinado de grandes dimensões. Interfaces testadas: Geotêxtil não tecido/Polietileno de alta densidade Geotêxtil não tecido/Etileno-propileno- dieno
	Confecção de gráficos e análises preliminares dos resultados obtidos
	Redação do artigo para revista
	Curso de francês (4 horas por semana)
Maio	Início dos ensaios com dispositivo de pequena dimensão, calibração e ajuste do aparelho
	Apresentação da pesquisa para membros do LTHE
	Visita a aterro sanitário em Penol
	Curso de francês (4 horas por semana)
Junho	Ensaaios preliminares no pequeno aparelho
	Verificação e validação dos resultados iniciais obtidos
	Testes no plano de pequeno porte A15 ao A20
	Modificação do Aparelho, espera de material apropriado
	Testes com plano ajustado A21 ao A25
	Curso de francês (4 horas por semana)
Julho (até dia 11/07)	Testes com plano ajustado A25 ao A29
	Redação do TG
	Curso de francês (4 horas por semana)

III.5. Dificuldades encontradas

Dentre as principais dificuldades encontradas cita-se o atraso ao cronograma previsto para início dos ensaios forçando o prolongamento do meu tempo de permanência no laboratório. Perdeu-se dois meses aguardando a chegada de novos sensores (os sensores antigos estavam danificados) e, até maio, o sistema de aquisição de dados ainda não funcionava perfeitamente. Resolvidos esses impecilhos, foi preciso ainda modificar o experimento, encomendando peças novas para compor o instrumento e melhorando as condições de atrito do plano atrasando ainda mais o início dos ensaios.

Ainda, alguns ensaios no plano de grande dimensão ainda não foram feitos. Isso porque, em maio, o plano de grande dimensão teve que ser compartilhado com uma aluna da escola resultando no atraso na aquisição desses dados. Estou aguardando o envio dos novos resultados até setembro.

IV. COMENTÁRIOS E CONCLUSÕES

Apesar das dificuldades encontradas, a oportunidade de fazer um estágio no exterior foi bastante proveitosa. Os ganhos não se deram apenas em termos acadêmicos, sendo possível conhecer o andamento de diversos projetos franceses e entender a maneira de trabalho desse país, mas principalmente no enriquecimento cultural de residir por seis meses em um país tão diferente do Brasil, aprender o idioma local e conhecer as exigências de trabalho do local.

V. ANEXOS

V.I Organograma do Laboratório

V.II Apresentação Power Point

ORGANOGRAMA LTHE, JUNHO DE 2008

DIREÇÃO

Direteur / DIRETOR Th. LEBEL Directeurs adjoints / DIRETOR ADJUNTO JP. LAURENT P. PIERSON	RESPONSÁVEIS PELA INFORMÁTICA, SIG E BASE DE DADOS V. CHAFFARD (IE IRD) H. DENIS (AI CNRS) (15 %) N. DESSAY (IE IRD) B. GALABERTIER (IE CNRS) (80%) P. JUEU (IR CNRS) W. NECHBA (TCN CNRS)	ELETROTÉCNICOS E DESENVOLVEDORES DE INSTRUMENTOS B. MERCIER (IE CNRS) F. CAZENAVE (IE IRD) H. GUYARD (IE IRD) C. COULAUD (AI CNRS)	EXPERIMENTOS EM LABORATÓRIO E EM CAMPO M. ARJOUNIN (TCN IRD / Mali) R. BIRON (CDD AI IRD) S. BOUBKRAOUI (T IRD/Niger) H. DENIS (AI CNRS) F. MALINUR (TCN IRD) L. MULLER (CDD AI IRD) E. VINCE (AI CNRS) <i>En Disponibilité</i> J.-M. BOUCHEZ (AI IRD) J.-M. LAPETITE (AI IRD)
SERVIÇOS ADMINISTRATIVOS E. BAGDAD (TCN CNRS 80 %) M. BROSSIER (TCS CNRS 80 %) J. GERMIANO (ADJT UIF) O. NAVE (TCN IRD 80 %)	MECÂNICOS E INFRAESTRUTURA G. JARRIL (ADJT UIF) JM. MISCIOSCIA (ADJT UIF) M. RICARD (IR CNRS 80 %) H. MORA (IE UIF)		

EQUIPES DE PESQUISA

ASP Atmosphère et Systèmes Précipitants S. ANQUETIN	IBIS Interface et Bilans Spatialisés G. DELRIEU	RIVER Rivière, Erosion, Contaminants Ph. BELLEUDY	HGP HydroGéoPhysique A. LEGTCHENKO	TRANSPORTE TRANSferts couplés en milieux POREux hétérogènes J.P. GAUDET
S. ANQUETIN (CR CNRS) B. BOUDEVILLAIN (Physicien adjoint OSUG) J.D. CREUTIN (DR CNRS) 50% A. DIEDHIOU (CR IRD) B. HINGRAY (CR CNRS) M. GOSSET (CR IRD) G. MOLINIE (MC UIF)	S. BIGOT (PR UIF) G. DELRIEU (DR CNRS) L. DESCROIX (CR IRD) S. GALLE (CR IRD) L. LE BARBE (CR IRD) Th. LEBEL (DR IRD) Ch. OBLED (PR INPG) Th. VISCHER (MCF UIF) I. ZIN (MC INPG)	Ph. BELLEUDY (PR UIF) J.D. CREUTIN (DR CNRS) 50% M. ESTEVES (DR IRD) N. GRATIOT (CR IRD) (<i>exp 1/05</i>) C. LEGOUT (MC UIF) J. NEMERY (MC INPG) C. PRAT (CR IRD) (Mexique) G. VACHAUD (DR CNRS Emérite) J.P. VANDERVAERE (MC UIF)	J.M. COHARD (MC UIF) M. DESCLOITRES (IR IRD) J.P. LAURENT (CR CNRS) A. LEGTCHENKO (DR IRD) T. PELLARIN (CR CNRS) M. VAUCLIN (DR CNRS) 50% J.M. VOULLAMOZ (CR IRD) R. WOUNMENI (MC INPG)	R. ANGULO (CR CNRS) A. BAUDOUIN (MC UIF) J.F. DAIAN (MC UIF) C. DUWIG (CR IRD) YH. FAURE (MHC UIF) J.P. GAUDET (IR UIF) JP. GOURC (PR UIF) J. MARTIN'S (CR CNRS) L. OXARANGO (MCF UIF) P. PIERSON (PR UIF) Z. SPADINI (MCF UIF)** M. VAUCLIN (DR CNRS) 50%

ASP	IBIS	RIVER	HGP	TRANSPORE
DOCTORANDOS GODART Angélique, <i>TP206</i> LEPLOUFLE Jean-Marie*, <i>CEMAGREF</i> LEROUX Stéphane, <i>AMN06</i> CERESSETTI Davide, <i>Méziat. 07</i> DOUKOURE Moussa, <i>Gouv. CI</i> Post doc GERBAUX Martin (IRD 01/08/06-31/01/2010) CDD Claire MANUS (CNRS juillet 2007-mai 2008 Cemagref octobre 2008)	DOCTORANDOS AMOYGOU Okechukwu, <i>M4E</i> BENDAOU Aurélien*, <i>CEMAGREF</i> CLAUDE Aurélien, <i>SPC 07</i> GOTTARDI Frédéric*, <i>CIFRE05</i> HAMATAN Mohamed, <i>IRD 04</i> KIRSTETTER Pierre-Emmanuel, <i>ED104</i> MARY Renaud, <i>Méziat. 06</i> MOUMOUNI Soumaila, <i>IRD 05</i> ROTHSHILD Elsa, <i>ED Paris7II 07</i> CDD BONNIFAIT Laurent (CNRS octobre 2008) BOUILLOU Ludovic (CNRS janv. dec 2008) FINEI Thomas (vac CNRS mai-octobre 2008) VOLONTARIOS INTERNACIONAIS SUAREZ ATIAS Leandro QUANTIN Guillaume	DOCTORANDOS ENGIDA Agizew, <i>M4E</i> MANO Vincent, <i>CIFRE05</i> NICOLAS Mathieu, <i>Méziat. 06</i> SUSPERREGUI Anne Sophie, <i>Méziat. 05</i> Post doc NAVRATIL Oldrich (IRD avril-mars 2009)	DOCTORANDOS CLEMENT Rémi, <i>Méziat. 07</i> GUYOT Adrien, <i>BD106</i> GROSSEN Olivier, <i>AMN05</i> HOAREAU Johan*, (Inde), <i>ICF</i> TRAN Xuan Truong, <i>Gouv. Vietnam 06</i> Post doc CHALIKAKIS Kostas (CNRS octobre 2007-2009)	DOCTORANDOS AMMERI Abdelkader (Gourc), <i>Egide</i> BARRAL Camille (P. Pierson), <i>Région RA</i> BOULIN Pien*, <i>Ademe</i> CAMP Sophie (JP. Gourc), <i>CIFRE05</i> FARHAN Kiran (JP. Gourc), <i>Egide</i> FOURMONT Jean (JP. Gourc), <i>AMN06</i> JACOMINY Mariama (P. Pierson), <i>CAPIES-COFECEB</i> MARCOUX M. Amélie* (Gourc), <i>CIFRE.</i> MAZET Pierre*, <i>EDF IRSN</i> MUBARAK Ibrahim, <i>Gouv. Syrie</i> PHROMAVANH Vannapha*, <i>CE4</i> SEGHIR Karima, <i>Egide</i> STAUB Mathias (JP. Gourc), <i>Ademe</i> STOLTZ Guillaume (JP. Gourc), <i>Ademe</i> TRAN NGOC Tien Dung, <i>BDI Int. CNRS</i> VITTORGE Elsa, <i>BDI CNRS CE4 07</i> Post doc MORRA Christophe (UJF dec 07-sept 08) GUIDOUX Cynl (UJF janv-dec 08)

*DOCTORANDOS PREPARANDO SUA TESE NO EXTERIOR COM CODIREÇÃO DE UM MEMBRO DO LTHE ** CONVIDADO DA EQUIPE TRANSPORE A PARTIR DE JANEIRO/2007

DOCTORANDOS

ENCARREGADOS DE MISSÃO:

COMUNICAÇÃO: DOCUMENTAÇÃO: T. PELLARIN HIGIENE E SEGURANÇA: IP LAURENT	LOCALIZAÇÃO: N. DESSAY RADIO PROTEÇÃO: IP LAURENT (ACMO), H. DENIS. RELACIONAMENTO ESCOLA : L. OXARENGO, B. BOUDEVILLAIN DE DOCTORANDOS:	SEMINÁRIOS: T. PELLARIN, C. LEGOUT
---	---	--



Friction characterization on geosynthetic interfaces through inclined plane experiment

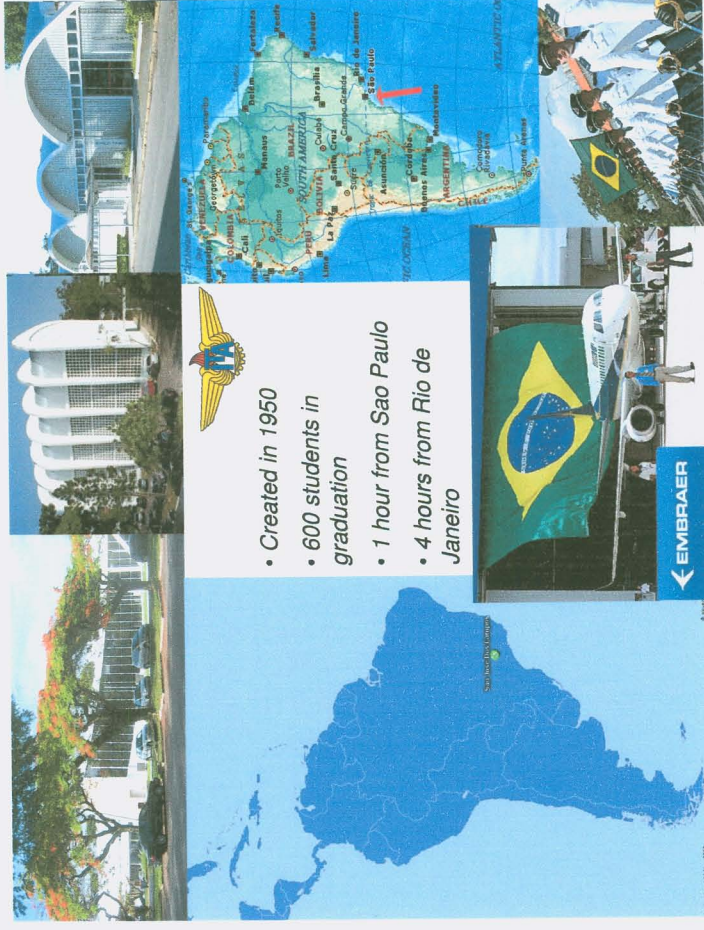
Caractérisation du frottement aux interfaces géosynthétiques à l'aide d'un plan incliné

Fernanda Muzzio
L. Briançon
J.P. Gourc

M2R – Civil Engineering

May 14th, 2009

1



Geosynthetic Lining System
on the slope of a landfill cap cover



Goal



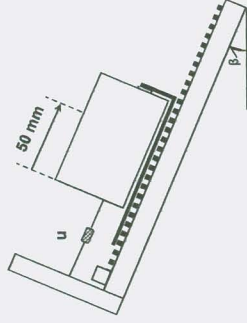
New procedures to measure the geosynthetic friction with an inclined plane



European Standard EN ISO 12957-2, 2005



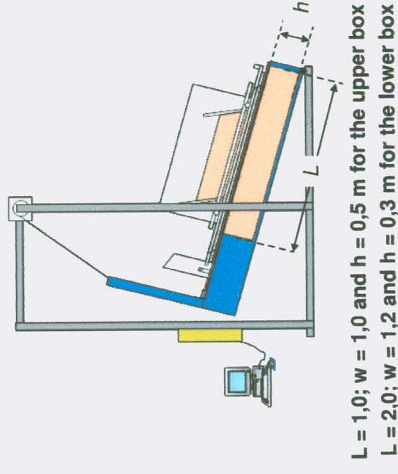
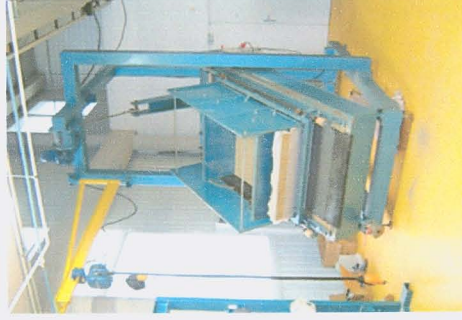
- Describes the method to determine friction characteristics between geosynthetics and soils, under **low normal stress** (< 5kPa) and using an inclined plane.
- The friction angle between soil and geosynthetics or between two geosynthetics is determined measuring the incline plane angle (β) in which the upper box slides 50 mm.



5



Inclined plane n°1 Force Analysis

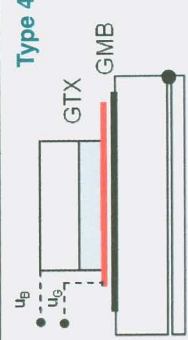
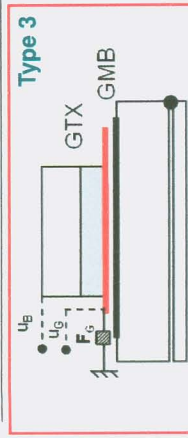
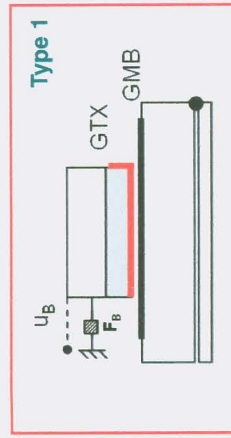


Inclination velocity: 0,5 – 3,5 °/min

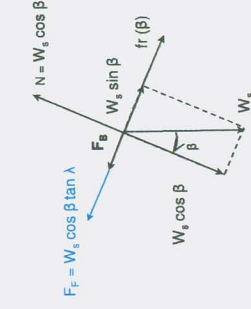
6



Inclined plane n°1 Test types



Analysis Procedure



Balance of forces for test F type => $\tan \lambda = \frac{W_s \sin \beta + f_r(\beta) - F_B}{W_s \cos \beta}$

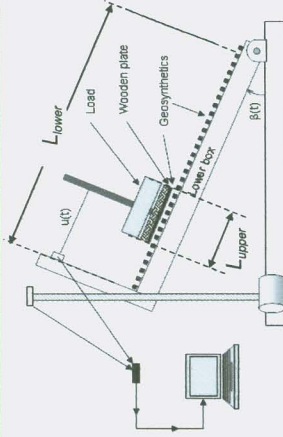
(type 1 and 3)

8



Inclined plane n°2

Dynamic analysis



L = 180 mm, w = 700 mm for the upper box
L = 0,8 m and w = 1,3 m for the lower box

Inclination velocity: 0,5 – 4,0 °/min

9



Tested Interfaces

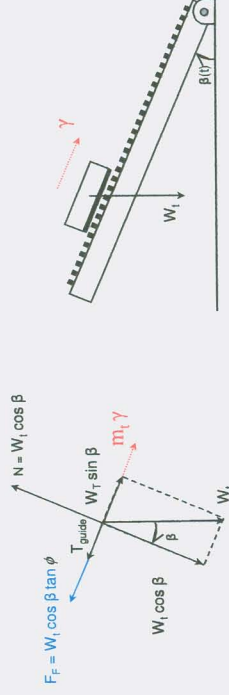


Upper box				Lower box			
	PVC	HDPE	PP	EPDM			
Nonwoven needle Punched (Gtx nta)	X	X	X	X			
Thermolié	X	X	X	X			
PVC	X						

11



Analysis Procedure



$$\text{Balance of forces: } \sum \vec{F} = m_T \vec{\gamma} \Rightarrow \tan \phi = \frac{m_T g \sin \beta - T_{\text{guide}}}{m_T g \cos \beta}$$

Static Analysis:

$$\tan \phi_0 = \tan \beta_0$$

Dynamic Analysis:

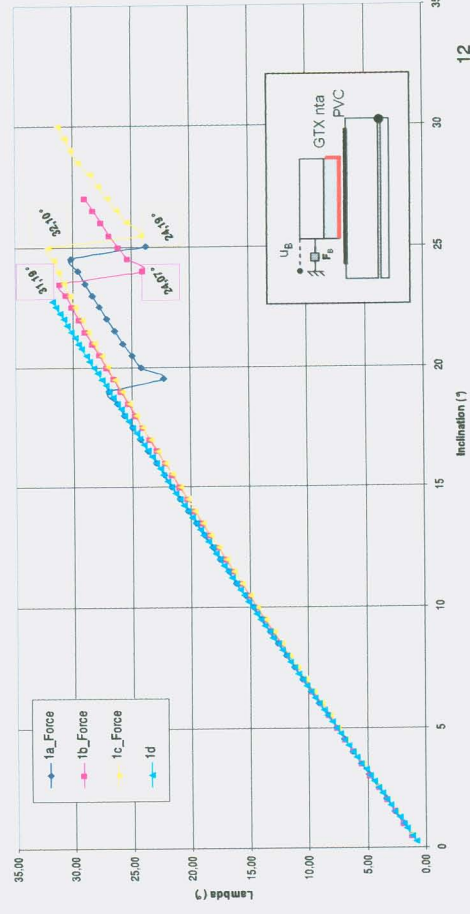
$$\tan \phi_{\text{Lim}} = \tan \beta_u - \frac{\gamma_{\text{cte}}}{g \cos \beta_u}$$

10



Results

Interface: Gtx nta/ PVC – Inclined Plane n°1

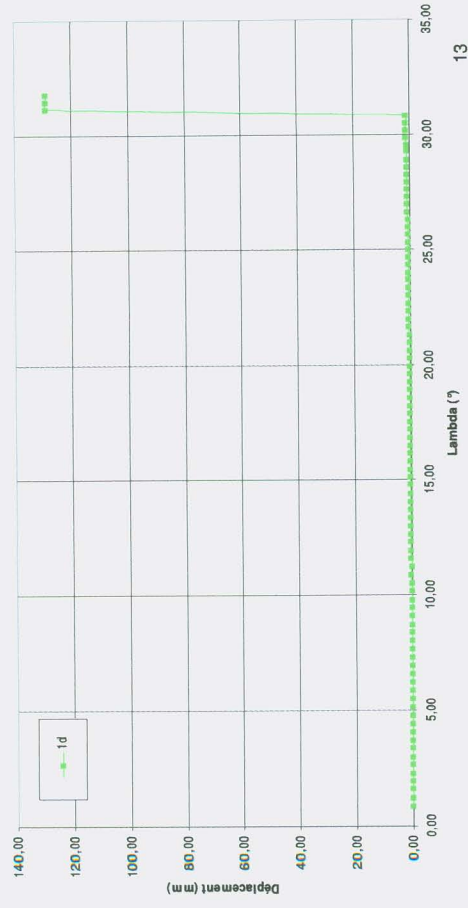


12



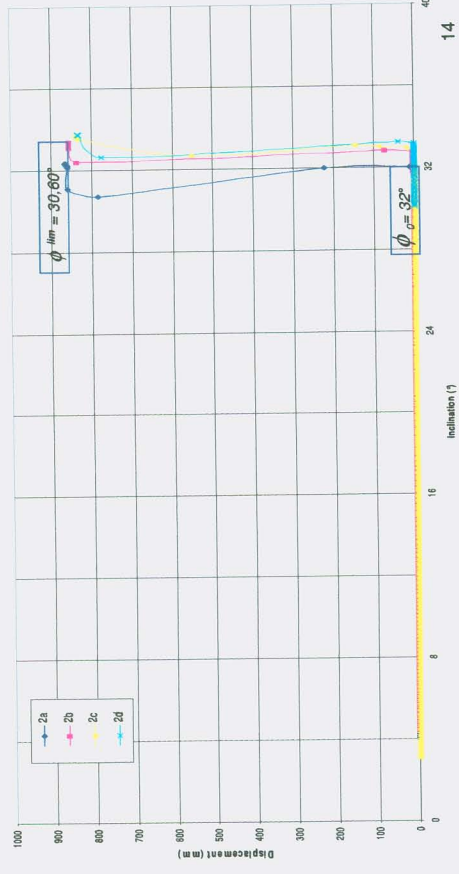
Results

Interface: Gtx nta/ PVC – Inclined Plane n° 1



Results

Interface: Gtx nta/ PVC – Inclined Plane n° 2



Next steps



- Start tests with inclined plane n° 2
- Compare results
- Write report