

Félix GIORGETTI S.à r.l.

3, rue Jean Piret

L-2350 Luxembourg

Contern, 14.12.2023

MW/FL/fl

Complément à l'étude de sol - Lime House, Rue Robert Stumper, Luxembourg

Ici: Résultats d'essais géotechniques en laboratoire, recommandation de fondation sur la base de documents de planification actuels

Mesdames et Messieurs,

Un nouveau bâtiment commercial doit être construit dans la rue Robert Stumper à Luxembourg. Pour ce faire, ENECO Ingénieurs-Conseils S.A. a été chargée, entre autres, de l'étude de sol et de l'évaluation géotechnique du site. L'étude de sol (ENECO-231030GIOR2302F-Géotechnique) a été remise au client, Félix Giorgetti s.à r.l., le 31 octobre 2023.

Résultats de laboratoire

Etant donné que tous les résultats de l'étude géotechnique en laboratoire n'étaient pas encore disponibles au moment de la rédaction du rapport géotechnique susmentionné, des valeurs de calcul pour le dimensionnement des pieux ou des ancrages ont été définies dans le tableau 4 (p. 13) sur la base des résultats de l'étude géotechnique et de l'expérience acquise avec des types de sol similaires.

Afin de déterminer plus précisément les valeurs de calcul pertinentes, la résistance à la compression uniaxiale a été déterminée sur quatre carottes au total. Les résultats de ces essais peuvent être consultés dans le tableau suivant.

ENECO Ingénieurs-Conseils S.A.					
Complément à l'étude de sol - Lime House, Rue Robert Stumper, Luxembourg					
Forage	Désignation de l'échantillon	Numéro de laboratoire	Profondeur [m en dessus du terrain]	Charge de rupture [kN]	Résistance à la compression uni-axiale [MN/m²]
EB1	231024K1.10	5906/23	6,0 - 6,3	4,7	0,59
EB1	231024K1.11	5906/23	12,2 - 12,4	3,4	0,39
EB4	231024K4.4	5906/23	9,0 - 9,2	0,6	0,08
EB4	231024K4.5	5906/23	14,8 - 15,0	6,7	1,02

Tableau 1: Détermination de la résistance à la compression uniaxiale

Sur la base des résultats de laboratoire présentés dans le tableau 1 pour la résistance à la compression uniaxiale, les valeurs de calcul indiquées dans l'étude de sol ENECO231030GIOR2302F-Géotechnique dans le tableau 4 doivent être ajustées comme suit:

ENECO Ingénieurs-Conseils S.A.						
Complément à l'étude de sol - Lime House, Rue Robert Stumper, Luxembourg						
Couche	Pieux forés ¹⁾				Micropieux	Ancre d'injection ²⁾
	$q_{b,k}$ [MN/m ²]			$q_{s,k}$ [MN/m ²]	$q_{s1,k}$ [MN/m ²]	τ_M [MN/m ²]
	$s/D_s = 0,02$	$s/D_s = 0,03$	$s/D_s = 0,10$		$s/D_s = 0,02$	$s/D_s = 0,03$
Couche 2 : Argile, rigide	0,20	0,25	0,40	0,02	0,04	0,15
Couche 3 : Argile, marnes rocheuses Semi-solide à solide, peu à non altérée	0,30	0,40	0,70	0,03	0,04	0,15
Couche 4 : Marnes rocheuses peu à non altérée	0,80	1,00	1,60	0,07	0,10	0,30
1) Conformément à la norme DIN 1054, ces valeurs ne peuvent être supposées pour la résistance à la pointe du pieu $q_{b,k}$ et la valeur de rupture du frottement superficiel du pieu $q_{s,k}$ que si la profondeur d'ancrage des pieux dans la couche portante est de 2,5 m au minimum et l'épaisseur minimale de la couche portante en dessous du pied du pieu est de 3 x D_s resp. 1,5 m 2) Les valeurs indiquées du frottement surfacique d'utilisation τ_M sont valables pour corps d'injection jusqu'à 5,0 m de longueur. Pour des corps d'injection plus longs, une réduction des valeurs est nécessaire 3) Valeurs adaptées par rapport à l'expertise du sol de fondation sur la base des résultats de laboratoire.						
Tableau 2: Adaptation d'autres valeurs de calcul						

5.2.2 Recommandations de fondation

Conditions limites

Le bureau Simon-Christiansen & Associés nous a remis le 05.12.2023 un plan actuel du sous-sol ainsi qu'un plan des charges. Les documents transmis sont énumérés ci-dessous :

- Fabeck Architectes - Architecture et Urbanisme, EMEA - Research & Training Center, FMG_APD_20H099D Sous-sol, Indice 31, 24.11.2023
- Simon-Christiansen&Associés, FMGGLOBAL_Uebersicht_Lasten_SS, 05.12.2023
- Simon-Christiansen&Associés, FMGGLOBAL_Punktlasten_SS, 05.12.2023
- Simon-Christiansen&Associés, FMGGLOBAL_Linienlasten_SS, 05.12.2023

Un complément aux documents de planification nous a été envoyé le 12.12.2023.

- Fabeck Architectes - Architecture et Urbanisme, EMEA - Research & Training Center, FMG_APD_20V001D Sections, Indice 32, 05.12.2023
- Fabeck Architectes - Architecture et Urbanisme, EMEA - Research & Training Center, FMG_APD_20H099D Sous-sol, Indice 32, 05.12.2023
- Fabeck Architectes - Architecture et Urbanisme, EMEA - Research & Training Center, FMG_APD_20H100D Réz-de-chaussée, Indice 32, 05.12.2023
- Simon-Christiansen&Associés, FMGGLOBAL_Linienlasten_Ohne_SS_Gk, 12.12.2023

- Simon-Christiansen&Associés, FMGLOBAL_Linienlasten_Ohne_SS_Qk, 12.12.2023
- Simon-Christiansen&Associés, FMGLOBAL_Punktlasten_Ohne_SS_Gk, 12.12.2023
- Simon-Christiansen&Associés, FMGLOBAL_Punktlasten_Ohne_SS_Qk, 12.12.2023

Le niveau final du sol fini a été indiqué à 285,86 m au-dessus du niveau moyen de la mer pour les bâtiments avec sous-sol et à 290,60 m au-dessus du niveau moyen de la mer pour les bâtiments sans sous-sol

Selon les documents de planification, les charges maximales suivantes sont supposées dans le cas de charge déterminant :

- Charge ponctuelle maximale (sous-sol) : $F_{gk} = 4500 \text{ kN}$, $Q_{gk} = 2600 \text{ kN}$
- Charge linéaire maximale (sous-sol) : $F_{gk} = 600 \text{ kN/m}$, $Q_{gk} = 200 \text{ kN/m}$
- Charge ponctuelle maximale (RdC) : $F_{gk} = 2300 \text{ kN}$, $Q_{gk} = 750 \text{ kN}$
- Charge linéaire maximale (RdC) (selon plan) : $F_{gk} = 1800 \text{ kN/m}$, $Q_{gk} = 615 \text{ kN/m}$

Zone du bâtiment avec réalisation d'un sous-sol

Dans les zones du bâtiment avec sous-sol, les éléments de fondation se situent généralement en dessous de 285,50 m au-dessus du niveau moyen de la mer. Au niveau des fondations, on trouve donc des sols de la couche 2 et de la couche 3. Les sols de la couche 2 ont une capacité portante moyenne et une grande sensibilité au tassement. La couche 3 a été évaluée comme un sol avec une capacité portante moyenne à élevée et une sensibilité moyenne au tassement. Une transmission des charges linéaires et ponctuelles élevées sans fondations profondes n'est pas possible à l'intérieur de ces couches.

Pour une transmission des charges ponctuelles et linéaires élevées dans la zone du bâtiment avec réalisation d'un sous-sol, nous recommandons de réaliser des semelles filantes ou isolées sur pieux ou groupes de pieux. Les recommandations d'exécution de l'étude de sol (chap. 5.2.2.1) doivent être respectées.

En raison du niveau de fondation et des charges ponctuelles et linéaires élevées, et sur la base des valeurs de calcul indiquées dans le tableau 2, la relation entre la longueur du pieu [m], la valeur de calcul de la résistance du pieu R_d [MN] et le tassement s [cm] pour un diamètre de pieu de 0,9 m peut être extraite du tableau 3 pour le pieu isolé soumis à une charge axiale.

ENECO Ingénieurs-Conseils S.A. Complément à l'étude de sol - Lime House, Rue Robert Stumper, Luxembourg						
Longueur du pieux L [m]	13	14	15	16	17	18
Valeur de calcul de la résistance du pieu R_d [MN] *)	1,272	1,414	1,555	1,696	1,838	1,979
Tassement s [cm]	0,78	0,79	0,80	0,83	0,86	0,89
*) Réduction nécessaire lors de l'exécution de groupes de pieux						
Tableau 3: Valeur de calcul de la résistance du pieux (pieu isolé) lors de la réalisation à 285,50 m ü. NN en fonction de la longueur des pieux et des tassements attendus						

Selon les plans disponibles, il faut supposer des charges caractéristiques du radier du sous-sol de $g_k = 2,5 \text{ kN/m}^2$, $q_k = 5 \text{ kN/m}^2$. Pour transmettre ces charges de l'ouvrage par le biais du radier, nous recommandons, pour la fondation, de réaliser un radier rigide à la flexion sur une couche portante. Afin d'homogénéiser le comportement de portance et de tassement, nous recommandons une épaisseur minimale de la couche porteuse de 0,60 m.

Dans le cas d'une fondation par radier telle que décrite ci-dessus, un module d'assise de $k_s = 5,5 \text{ MN/m}^3$ peut être utilisé pour le prédimensionnement statique du radier, pour des charges réparties de manière à peu près uniforme.

Le module d'assise a été déterminé sur la base de calculs approximatifs et en supposant une pression unitaire sur le sol de $\sigma_{E,k} = 11 \text{ kN/m}^2$. Les tassements (calculés) qui se produisent sous le radier sont dans ce cas de 0,2 cm. Le calcul est basé sur une couche portante telle que décrite ci-dessus

5.2.2.2 Zone du bâtiment sans sous-sol

Dans les zones sans sous-sol, les éléments de fondation se situent généralement en dessous de 290,10 m au-dessus du niveau moyen de la mer. Au niveau des fondations, on trouve donc des sols de la couche 2 et de la couche 3. Il n'est pas possible de transmettre les charges linéaires et ponctuelles élevées dans ces couches sans réalisation des fondations profondes.

Pour supporter les charges ponctuelles et linéaires élevées dans les zones sans réalisation d'un sous-sol, nous recommandons de réaliser des semelles filantes ou isolées sur pieux ou groupes de pieux. Les recommandations d'exécution de l'étude de sol (chap. 5.2.2.1) doivent être respectées à cet égard.

En raison du niveau de fondation et des charges ponctuelles et linéaires élevées, et sur la base des valeurs de calcul indiquées dans le tableau 2, la relation entre la longueur du pieu [m], la valeur de calcul de la résistance du pieu R_d [MN] et le tassement s [cm] pour un diamètre de pieu de 0,9 m peut être extraite du tableau 4 pour le pieu isolé soumis à une charge axiale.

ENECO Ingénieurs-Conseils S.A.						
Complément à l'étude de sol - Lime House, Rue Robert Stumper, Luxembourg						
Longueur du pieu [m]	10	11	12	13	14	15
Valeur de calcul de la résistance du pieu R_d [MN] *)	1,504	1,646	1,787	1,928	2,070	2,211
Tassement s [cm]	0,80	0,82	0,85	0,88	0,91	0,95
*) Réduction nécessaire lors de l'exécution de groupes de pieux						
Tableau 4: Valeur de calcul de la résistance des pieux (pieu isolé) pour une exécution à 290,10 m ü. NN en fonction de la longueur des pieux et des tassements attendus						

Selon les plans disponibles, il faut supposer des charges caractéristiques du radier du rez-de-chaussée de $g_k = 2,5 \text{ kN/m}^2$, $q_k = 10 \text{ kN/m}^2$. Pour transmettre ces charges de l'ouvrage par le biais du radier, nous recommandons, pour la fondation, de réaliser un radier rigide à la flexion sur une couche portante. Afin d'homogénéiser le comportement de portance et de tassement, nous recommandons une épaisseur minimale de la couche porteuse de 0,60 m

Dans le cas d'une fondation par radier telle que décrite ci-dessus, un module d'assise de $k_s = 2,3 \text{ MN/m}^3$ peut être utilisé pour le prédimensionnement statique du radier, pour des charges réparties de manière à peu près uniforme.

Le module d'assise a été déterminé sur la base de calculs approximatifs et en supposant une pression unitaire sur le sol de $\sigma_{E,k} = 18 \text{ kN/m}^2$. Les tassements (calculés) qui se produisent sous le radier sont dans ce cas de 0,8 cm. Le calcul est basé sur une couche portante telle que décrite ci-dessus

Indications générales

Il convient de noter que les déclarations géotechniques complémentaires mentionnées dans la présente prise de position ont été faites sur la base des documents de planification actuels et des résultats des essais géotechniques en laboratoire concernant la résistance à la compression uniaxiale. Les déclarations faites ici sont exclusivement valables en relation avec les explications données dans l'expertise du sol de fondation (ENECO-231030GIOR2302F-Géotechnique).

Meilleures salutations



Fabian LION
Chef de projet
M. Sc. RWTH Angewandte
Geowissenschaften



Mario WERN
Administrateur
Diplom-Bauingenieur (TU)

Annexes:

- Résultats de la résistance à la compression uniaxiale (rapports d'essais préliminaires)

DRUCKFESTIGKEIT

DIN 18141-1:2014-05 - Anlehnung

Paul Simon & Partner Ingenieure
Am Kenner Haus 13
54344 Kenn

Projekt: Gior 2302

Projektleiter*in: Stoffel

GA-Nummer: 23-1084

ext. Pr.-Nr.: F. Lion - 231024

TA-Nummer: 3

PN-Nummer: 5906/23

AG / U.: ENECO S.A. Ingénieurs-conseils

Gerät:	Druck- u. Biegeprüfmaschine 502/3000/100	Hersteller:	FORM+TEST
Güteklasse:	1	Lastkapazität:	3.000 kN
		Seriennummer:	00382

Bohrung Nr.	Entnahme-datum	Angaben zur Bohrung	Foto der Probe vor der Prüfung	nach der Prüfung
BK - K 1.10	24.10.2023	MD		
Anlieferungs-datum	Entnahmetiefe	Kerndurchm.	Kernhöhe	
	m	mm	mm	
08.11.2023	6,0 - 6,3	101	230	
Gestein	Anisotropie			
Ton, antrazith, plastisch	Querrisse			
Probenlagerung	Probekörpervorbereitung			
im Anlieferungszustand; in Folie	schneiden (Messer)			

Versuch Nr.	Verformungs- messung	Bruchlast	Bruchstauchung	Stauchungs-/Spannungsrate bei der Versuchsdurchführung				
		kN	%					
DF 1	keine	4,7	N/A					
Durchmesser			Verh.					
d _{0,1} mm	d _{0,2} mm	d _{2,1} mm	d _{2,2} mm		d _{1,1} mm	d _{1,2} mm	d _m mm	l/d
100,0	100,0	101,0	101,0		101,0	101,0	100,7	2,04
Länge des vorbereiteten Probekörpers			Masse		Fläche			
l _{v,1} mm	l _{v,2} mm	l _{v,3} mm	l _{v,4} mm		l _{v,m} mm	g	mm ²	
206,0	205,0	205,0	206,0		205,5	3.576,0	7.959	
Wassergehalt		Rohdichte	DF, einaxial		DF, einax. (abg.)			
M.-%		g/cm ³	MN/m ²		MN/m ²			
N/A		► 2,19	► 0,59					

Bemerkungen:

Prüfdatum/-zeit:

17.11.2023

Protokolldatum:

22.11.2023

Krause
Prüfer

Stoffel
Projektleiter

DRUCKFESTIGKEIT

DIN 18141-1:2014-05 - Anlehnung

Paul Simon & Partner Ingenieure
Am Kenner Haus 13
54344 Kenn

Projekt: **Gior 2302**

Projektleiter*in: **Stoffel**

GA-Nummer: **23-1084**

ext. Pr.-Nr.: **F. Lion - 231024**

TA-Nummer: **3**

PN-Nummer: **5906/23**

AG / U.: **ENECO S.A. Ingénieurs-conseils**

Gerät:	Druck- u. Biegeprüfmaschine 502/3000/100	Hersteller:	FORM+TEST
Güteklasse:	1	Lastkapazität:	3.000 kN
		Seriennummer:	00382

Bohrung Nr.	Entnahme-datum	Angaben zur Bohrung	Foto der Probe vor der Prüfung	nach der Prüfung
BK - K 1.11	24.10.2023	MD		
Anlieferungs-datum	Entnahmetiefe	Kerndurchm.	Kernhöhe	
	m	mm	mm	
08.11.2023	12,2 - 12,4	102	180	
Gestein	Anisotropie			
Ton, antrazith, plastisch	zahlreiche Querrisse			
Probenlagerung	Probekörpervorbereitung			
im Anlieferungszustand; in Folie	schneiden (Messer)			

Versuch Nr.	Verformungs- messung	Bruchlast kN	Bruchstauchung %	Stauchungs-/Spannungsrate bei der Versuchsdurchführung				
DF 2	keine	3,4	N/A					
Durchmesser					Verh.			
d _{0,1} mm	d _{0,2} mm	d _{2,1} mm	d _{2,2} mm		d _{u,1} mm	d _{u,2} mm	d _m mm	l/d
101,0	102,0	102,0	102,0		104,0	102,0	102,2	1,50
Länge des vorbereiteten Probekörpers			Masse		Fläche			
l _{v,1} mm	l _{v,2} mm	l _{v,3} mm	l _{v,4} mm		l _{v,m} mm	g	mm ²	
153,0	154,0	153,0	153,0		153,3	2.552,0	8.198	
Wassergehalt		Rohdichte	DF, einaxial		DF, einax. (abg.)			
M.-%		g/cm ³	MN/m ²	MN/m ²				
N/A		► 2,03	0,41	► 0,39				

Bemerkungen:

Prüfdatum/-zeit: **17.11.2023**

Protokolldatum: **22.11.2023**

Krause
Prüfer



Stoffel
Projektleiter

DRUCKFESTIGKEIT

DIN 18141-1:2014-05 - Anlehnung

Paul Simon & Partner Ingenieure
Am Kenner Haus 13
54344 Kenn

Projekt: **Gior 2302**

Projektleiter*in: **Stoffel**

GA-Nummer: **23-1084**



ext. Pr.-Nr.: **F. Lion - 231024**

TA-Nummer: **3**

PN-Nummer: **5906/23**

AG / U.: **ENECO S.A. Ingénieurs-conseils**

Gerät:	Druck- u. Biegeprüfmaschine 502/3000/100	Hersteller:	FORM+TEST
Güteklasse:	1	Lastkapazität:	3.000 kN
		Seriennummer:	00382

Bohrung Nr.	Entnahme-datum	Angaben zur Bohrung	Foto der Probe vor der Prüfung	nach der Prüfung
BK - K 4.4	24.10.2023	MD		
Anlieferungs-datum	Entnahmetiefe	Kerndurchm.	Kernhöhe	
	m	mm	mm	
08.11.2023	9,0 - 9,2	101	190	
Gestein	Anisotropie			
Ton, antrazith, TA	Querrisse, Druckverformungen			
Probenlagerung	Probekörpervorbereitung			
im Anlieferungszustand; in Folie	schneiden (Messer)			

Versuch Nr.	Verformungs- messung	Bruchlast kN	Bruchstauchung %	Stauchungs-/Spannungsrate bei der Versuchsdurchführung				
DF 3	keine	0,6	N/A					
Durchmesser			Verh.					
d _{0,1} mm	d _{0,2} mm	d _{z,1} mm	d _{z,2} mm		d _{u,1} mm	d _{u,2} mm	d _m mm	l/d
102,0	96,0	102,0	100,0		101,0	101,0	100,3	1,74
Länge des vorbereiteten Probekörpers			Masse		Fläche			
l _{v,1} mm	l _{v,2} mm	l _{v,3} mm	l _{v,4} mm		l _{v,m} mm	g	mm ²	
174,0	175,0	174,0	174,0		174,3	2.928,0	7.906	
Wassergehalt	Rohdichte	DF, einaxial	DF, einax. (abg.)					
M.-%	g/cm ³	MN/m ²	MN/m ²					
N/A	▶ 2,13	0,08	▶ 0,07					

Bemerkungen:

Prüfdatum/-zeit: **17.11.2023**

Protokolldatum: **22.11.2023**

Krause
Prüfer

Stoffel
Projektleiter

DRUCKFESTIGKEIT

DIN 18141-1:2014-05 - Anlehnung

Paul Simon & Partner Ingenieure
Am Kenner Haus 13
54344 Kenn

Projekt: **Gior 2302**

Projektleiter*in: **Stoffel**

GA-Nummer: **23-1084**


ext. Pr.-Nr.: **F. Lion - 231024**

TA-Nummer: **3**

PN-Nummer: **5906/23**

AG / U.: **ENECO S.A. Ingénieurs-conseils**

Gerät:	Druck- u. Biegeprüfmaschine 502/3000/100	Hersteller:	FORM+TEST
Güteklasse:	1	Lastkapazität:	3.000 kN
		Seriennummer:	00382

Bohrung Nr.	Entnahme-datum	Angaben zur Bohrung	Foto der Probe vor der Prüfung	nach der Prüfung
BK - K 4.5	24.10.2023	MD		
Anlieferungs-datum	Entnahmetiefe	Kerndurchm.	Kernhöhe	
	m	mm	mm	
08.11.2023	14,8 - 15,0	91	165	
Gestein	Anisotropie			
Ton, antrazith, plastisch	Schichtung			
Probenlagerung	Probekörpervorbereitung			
im Anlieferungszustand; in Folie	schneiden (Messer)			

Versuch Nr.	Verformungs- messung	Bruchlast kN	Bruchstauchung %	Stauchungs-/Spannungsrate bei der Versuchsdurchführung				
DF 4	keine	6,7	N/A					
Durchmesser			Verh. l/d					
d _{0,1} mm	d _{0,2} mm	d _{2,1} mm	d _{2,2} mm		d _{0,1} mm	d _{0,2} mm	d _m mm	
89,0	89,0	91,0	91,0		91,0	91,0	90,3	1,72
Länge des vorbereiteten Probekörpers			Masse		Fläche			
l _{v,1} mm	l _{v,2} mm	l _{v,3} mm	l _{v,4} mm		l _{v,m} mm	g	mm ²	
156,0	155,0	156,0	156,0		155,8	2.345,0	6.409	
Wassergehalt		Rohdichte	DF, einaxial		DF, einax. (abg.)			
M.-%		g/cm ³	MN/m ²	MN/m ²				
N/A		► 2,35	1,04	► 1,02				

Bemerkungen:

Prüfdatum/-zeit: **17.11.2023**

Protokolldatum: **22.11.2023**

Krause
Prüfer

Stoffel
Projektleiter