



Réfection et extension de l'hélistation CHU de Rangueil - TOULOUSE

STL5.P.0092 version 2

Etude géotechnique de conception Projet (G2 PRO)

janvier 2026



Agence de Toulouse • 7 Avenue Mercure – 31130 QUINT FONSEGRIVES
Tél. 33 (0) 5 62 71 80 00 • Fax 33 (0) 5 62 71 80 05 • Adresse cebtp.toulouse@groupeginger.com



CHU TOULOUSE

REFECTION ET EXTENSION DE L'HELISTATION

RAPPORT – Etude géotechnique de conception Projet (G2 PRO)

Dossier : STL5.P.0092				Contrat : STL5.P.0155			
Indice	Date	Chargé d'affaire	Visa	Vérifié par	Visa	Contenu	Observations
0	02/12/25	P.PONS		D. GRELLET		30 pages 8 annexes	
1	07/01/26	P.PONS		D. GRELLET		30 pages 8 annexes	Reprise hypothèse de trafic
2	09/01/26	P.PONS		D. GRELLET		30 pages 8 annexes	Modification annexe

A compter du paiement intégral de la mission, le client devient libre d'utiliser le rapport et de le diffuser à condition de respecter et de faire respecter les limites d'utilisation des résultats qui y figurent et notamment les conditions de validité et d'application du rapport.

Sommaire

1. Plans de situation	5
2. Contexte de l'étude.....	6
2.1. Données générales.....	6
2.1.1. Généralités.....	6
2.1.2. Documents communiqués.....	6
2.2. Description du site	7
2.3. Description du projet	9
2.4. Hypothèses de dimensionnement.....	10
2.5. Mission Ginger CEBTP.....	11
3. Investigations geotechniques.....	12
3.1. Sondages, essais et mesures in situ	12
3.1.1. Implantation et nivellement.....	12
3.1.2. Investigations in situ.....	12
3.1.3. Essais de laboratoire sur les sols	13
3.1.4. Essais de laboratoire sur les enrobés	14
4. Synthèse des investigations de voirie.....	16
4.1. Relevé des dégradations	16
4.2. Lithologie.....	17
4.3. Résultats des essais d'identification en laboratoire des sols	18
4.4. Résultats des essais sur enrobés	20
4.5. Essais de déflexions	22
4.6. Niveau de portance de la plateforme par rétrocalcul	23
4.7. Essais de plaques	23
5. Proposition technique.....	25
5.1. Terrassabilité des matériaux.....	25
5.2. Arase terrassement	25
5.3. Dimensionnement de la couche de forme	25
5.3.1. Couche de forme en matériaux granulaires	26
5.3.2. Couche de forme traitée à la chaux et/ou au liant.....	26
5.4. Dimensionnement des structures de chaussées	27
6. Conclusions.....	28
7. Observations majeures	29

ANNEXES

ANNEXE 1 – NOTES GENERALES SUR LES MISSIONS GEOTECHNIQUES

ANNEXE 2 – PLANS D'IMPLANTATION DES SONDAGES

ANNEXE 3 – SONDAGES DE GEOTEC DE 2022

ANNEXE 4 – COUPES DES SONDAGES REALISES A LA PELLE MECANIQUE

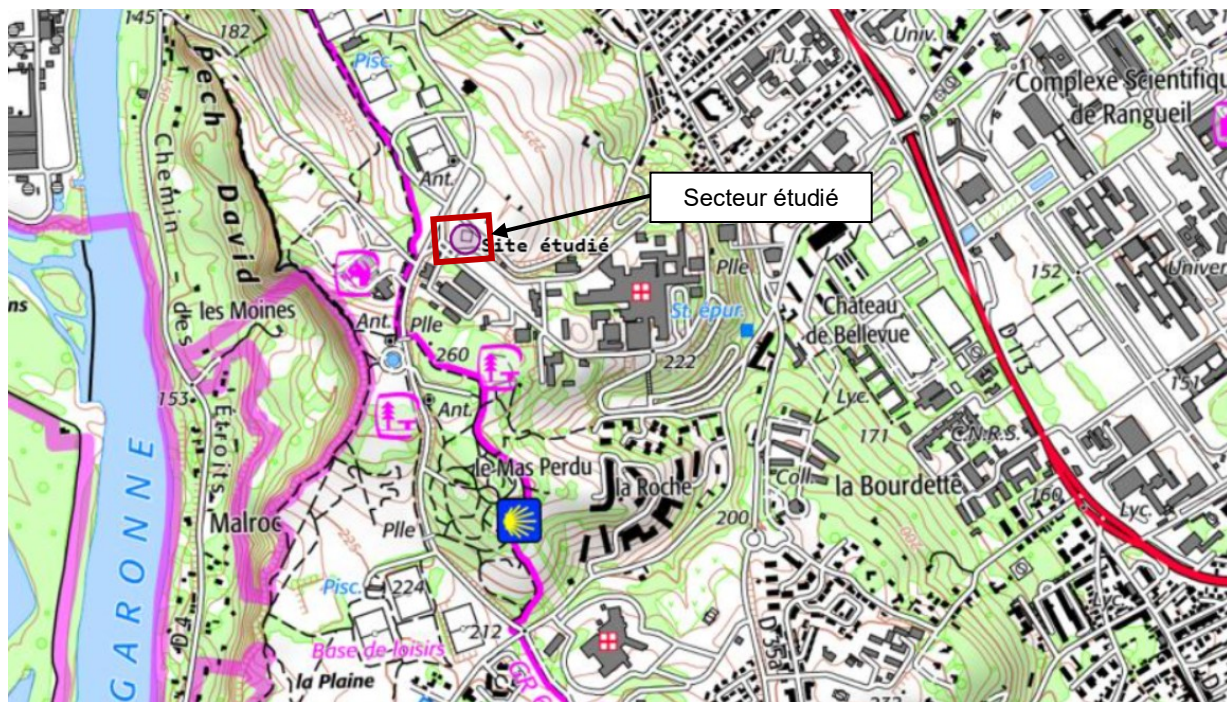
ANNEXE 5 – DESCRIPTION DES ENROBE

ANNEXE 6 – ESSAIS DE PLAQUES

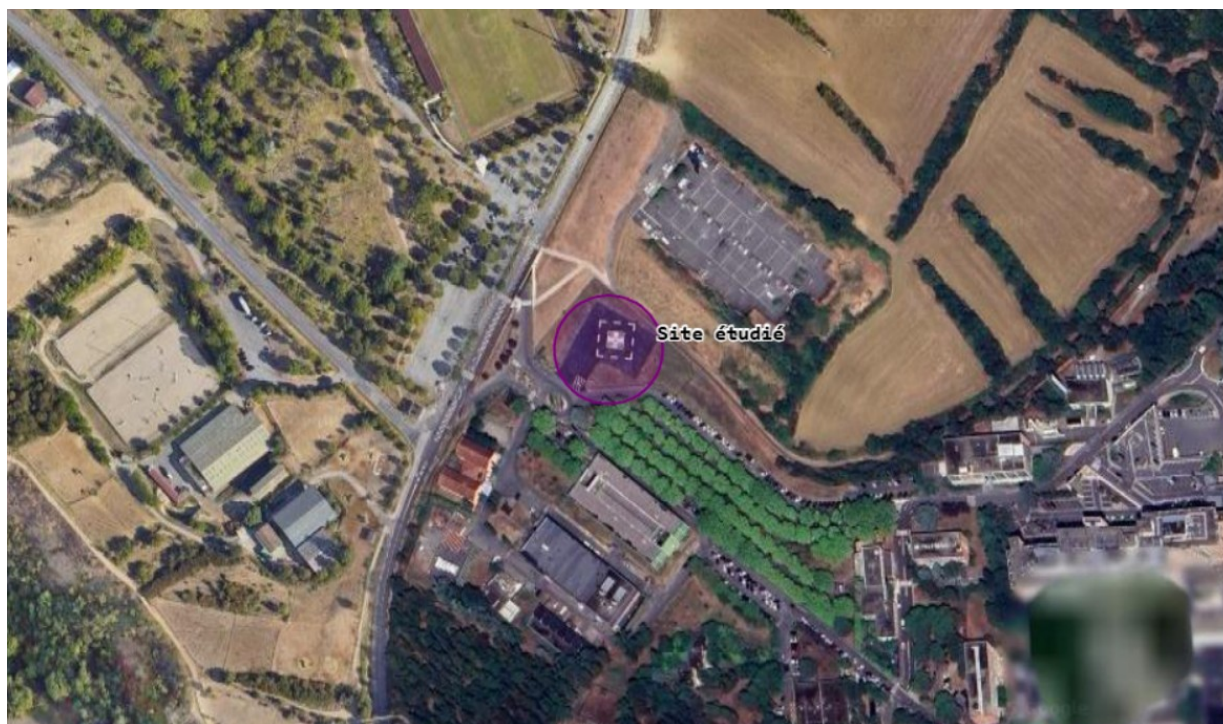
ANNEXE 7 – ESSAIS DE LABORATOIRE SUR LES SOLS

ANNEXE 8 – NOTE DE DIMENSIONNEMENT

1. Plans de situation



Vue carte IGN – CHU de Rangueil



Vue aérienne – CHU de Rangueil

2. Contexte de l'étude

2.1. Données générales

2.1.1. Généralités

Nom de l'opération : Réfection et extension de l'hélistation
Localisation : Hélistation du CHU de Rangueil – Toulouse (31)
Demandeur de la mission : Mme Lycia BISSONNIER
Client : CHU TOULOUSE
Maîtrise d'œuvre : TPFi

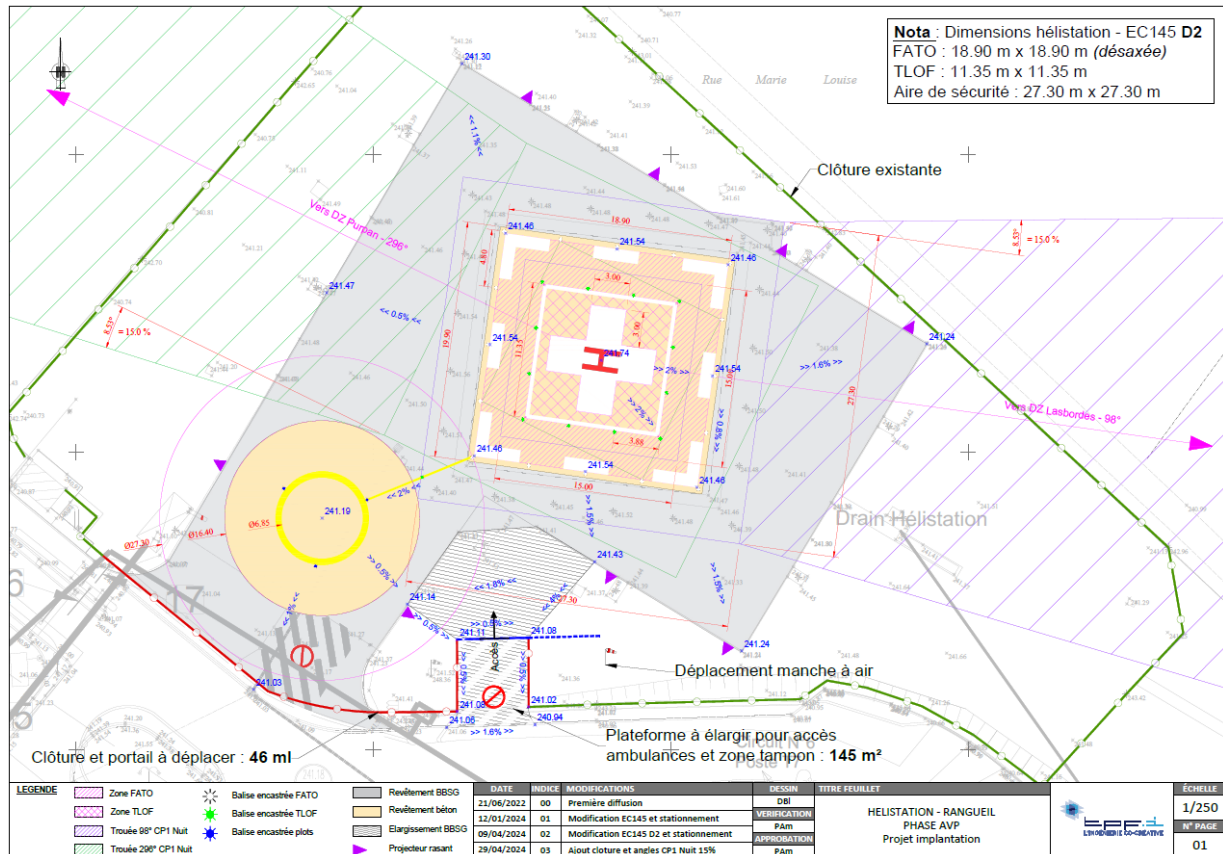
A la demande et pour le compte du CHU TOULOUSE, GINGER CEBTP a été missionné pour effectuer une étude géotechnique en phase Projet (G2 PRO) dans le cadre du projet de réfection et d'extension de l'hélistation située sur le site de l'hôpital de Rangueil. Le projet comprendra l'ajout d'un stationnement hélicoptère.

Une étude G2 AVP a été réalisée par Geotec en mai 2024 sur la base de sondages réalisés en 2022 par leur soin. A la demande de CHU Toulouse, ces sondages sont intégrés dans notre étude.

2.1.2. Documents communiqués

Les documents qui nous ont été communiqués et utilisés dans le cadre de ce rapport sont les suivants :

- Plan du projet d'implantation indice 03 du 29/04/2024, échelle 1/250
- Plan du projet d'implantation en vue aérienne indice 01 du 29/04/2024
- Plan des réseaux électriques du 09/04/2024, échelle 1/250
- Sondages et essais de Géotec d'avril 2022
- Rapport G5 + G2 AVP de Géotec daté du 23/05/2024
- Mail de Mme BISSONNIER du 29/09/2025 avec les hypothèses de trafic à prendre en compte.
- IOC250008-PRO-notice chaussées : Notice dimensionnement chaussées du 08/09/2025 de TPF Ingénierie avec les nouvelles hypothèses de trafic à prendre en compte.



Plan projet de l'hélistation

2.2. Description du site

Le projet de réfection de l'hélistation est situé au Nord-Ouest du site de l'hôpital de Rangueil, sur la commune de Toulouse. Actuellement, la zone étudiée est hélisation d'environ 1800 m² avec une aire de posé en béton d'environ 10.2 m de diamètre, une zone tampon en enrobé d'accès à l'hélistation d'environ 160 m² et une plateforme principale en enrobé. La plateforme est entourée de terre végétale, séparée par une bordure en béton.

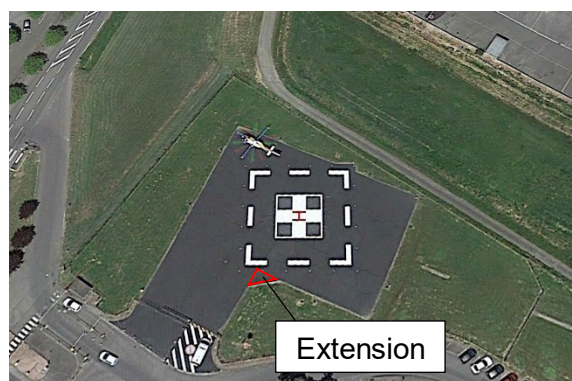
D'après les vues aériennes présentes sur Google Earth, la création de l'hélistation est antérieure à 2002. La plateforme telle que présente aujourd'hui a été réalisée entre mars 2005 et juillet 2006. Entre avril 2011 et juillet 2013, une extension d'environ 10 m² a été réalisée au Sud.



Vue aérienne - Mars 2005



Vue aérienne - Juillet 2006



Vue aérienne - Juillet 2013



Vue aérienne - Août 2025



Photos du site du 24/09/2025

D'un point de vue géologique, la carte géologique de Toulouse Est au 1/50000e indique dans le secteur du projet la présence d'un substratum molassique recouvert de formations de pente, éboulis et solifluxions issus de la molasse. Cette formation est sensible au retrait gonflement des argiles (aléa au retrait gonflement fort selon [géorisque.gouv.fr](http://georisque.gouv.fr)). D'après notre connaissance du site et les vues aériennes passées, ces formations peuvent être recouvertes de remblais liés aux aménagements ultérieurs du site.

De nombreux glissement ont été recensés à l'Ouest du site d'étude, à pied de la colline de Pech David et des berges de la Garonne.



Extrait des cartes géologiques 1/50 000 – avec les mouvements de terrain recensés à proximité du site d'étude

D'un point de vue hydrogéologique, des circulations anarchiques et ponctuelles sont possibles dans les formations superficielles fines et dans les formations molassiques, à la faveur de lentilles sableuses.

2.3. Description du projet

Selon l'extrait de plans repris en page 7 du présent document, le projet de réfection et d'agrandissement de l'hélistation du CHU de Rangueil prévoit :

- L'ajout d'une zone de stationnement hélicoptère en béton de 16.4 m de diamètre,
- L'agrandissement de la zone FATO en béton (18.9 x 19.9 m),
- La modification de l'emplacement de l'entrée de l'hélistation entraînant l'élargissement de la plateforme en enrobé pour l'accès aux ambulances et la zone tampon (environ 145 m².
- La réfection de la plateforme en enrobé.

D'après les informations communiquées, le profil du projet sera réalisé en déblais/remblais et proche du terrain actuel (+/- 0.3 m).

2.4. Hypothèses de dimensionnement

D'après les informations transmises par la maîtrise d'ouvrage et détaillées dans la notice de la maîtrise d'œuvre, l'hélicoptère de référence retenu est le H145 D3 avec une valeur MMD (masse maximale au décollage) de 3800 kg. Toutefois, il est pris en compte une charge maximale de 5.7 T pour les hélicoptères avec une fréquence de circulation prévue de 5 hélicoptères posés /jour afin de tenir compte de l'effet dynamique et d'impact associé à l'atterrissage. Tel que précisé dans la notice de dimensionnement communiqué, les hypothèses de calculs sont les suivantes : une charge de 3800×1.5 (150% du poids TLOF) = 5 700 kg, appliqué sur une surface de 2.40×2.40 m environ (5.76m^2), soit une charge de 1.65 T/m^2 .

Pour le dimensionnement de la DZ, le SAMU voudrait que des hélicoptères de maximum 12 tonnes puissent se poser dessus. La maîtrise d'ouvrage indique cependant que cette hypothèse reste exceptionnelle. Une vérification du dimensionnement de la dalle pour une charge de 12 tonnes est donc effectuée dans le cadre de ce rapport.

A noter qu'en fonction des positions des hélicoptères sur les zones de stationnement, la circulation des véhicules est possible sur les aires de poser et sur les zones en enrobé à proximité de ces zones et entre les zones. **Ainsi le dimensionnement des dalles est effectué en considérant les hypothèses de trafic suivant :**

- **Faible trafic PL (13 tonnes à l'essieu) sur les aires de posée,**
- **Atterrissage / décollage de 5 hélicoptères par jour avec une charge maximale de 5.7 T**
- **Atterrissage / décollage très ponctuel d'hélicoptère de 12 Tonnes**

En l'absence d'informations, pour les voiries PL en enrobé (passage des ambulances), un trafic T5 (*trafic moyen : 10 PL/jour/sens de circulation*) est pris comme hypothèse. En s'appuyant sur la norme de dimensionnement NF P 98-086 « Dimensionnement structural des chaussées routières — Application aux chaussées neuves » et sur le guide du CEREMA et de l'IDRRIM : « Dimensionnement structural des chaussées routières — Application aux chaussées neuves », les hypothèses suivantes sont retenues :

- Le Coefficient d'Agressivité Moyen (CAM) indiquée à 1 dans la notice de dimensionnement ;
- Le risque de calcul est de 25 % en considérant une chaussée hors section courante ;
- Les voiries seront dimensionnées pour une durée de vie de 20 ans ;
- Le taux de croissance arithmétique annuel du trafic pris en compte est de 2 %.

Les trafics permettant de dimensionner la structure de chaussée devront donc être validés par la maîtrise d'œuvre et la maîtrise d'ouvrage de l'opération compte tenu que ceux-ci peuvent avoir un impact significatif sur la durée de vie de la chaussée et le coût des travaux. Les hypothèses retenues dans cette version 1 du document sont conformes à celles indiquées dans la notice de dimensionnement de la Maîtrise d'œuvre de l'opération.

2.5. Mission Ginger CEBTP

La mission de Ginger CEBTP est conforme au contrat n° STL5.P.0155, proposé le 26/09/2025 et accepté le 30/09/2025.

Il s'agit d'une étude géotechnique de conception (G2) réalisée en phase Projet (PRO), selon la norme AFNOR NF P 94-500 de novembre 2013 sur les missions d'ingénierie géotechnique.

Ce rapport pourra être complété par des missions en phases DCE et ACT.

Selon la norme NFP 94-500 de novembre 2013 (classification jointe en annexe 1), notre mission comprend :

Une mission d'étude géotechnique de conception (G2) :

- G2 Projet (PRO) :
 - Définir un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire et en assurer le suivi technique,
 - Fourniture des résultats d'essai,
 - Donner les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de projet,
 - Donner les principes de construction envisageables (terrassements, assises des voiries) :
 - Détermination des assises de voiries,
 - Préconisations sur les conditions de réemploi des sols en place.

En complément, GINGER CEBTP a été mandatée pour une étude spécifique afin de proposer le dimensionnement des structures aéronautiques en béton en phase projet ainsi que le dimensionnement des aires de circulation des ambulances (extension). Ce dimensionnement ne relève pas des ouvrages géotechniques selon la norme NF P 94-500 et par conséquent ne fait pas partie du cadre de la mission G2 PRO. Ginger ayant été spécifiquement mandaté pour pour le dimensionnement de ces aires, une note technique est présentée en annexe 8. Cette dernière est indissociable des études géotechniques et des investigations du site.

3. Investigations géotechniques

3.1. Sondages, essais et mesures in situ

3.1.1. Implantation et nivellement

Des sondages ont été réalisés en avril 2022 par GEOTEC. Ces données seront reprises dans les paragraphes suivants.

Des reconnaissances complémentaires ont été effectuées par Ginger CEBTP en Octobre 2025. L'implantation des sondages et des essais in situ figure sur les plans d'implantation joint en annexe 2. Les investigations prévues pour l'étude ont été définies en amont par Ginger CEBTP. Les implantations et la réalisation des investigations ont été réalisés par Ginger CEBTP en fonction du projet et des réseaux souterrains présents. Les moyens de reconnaissance et d'essais ont été définis et réalisés par Ginger CEBTP.

L'altitude des têtes de sondages correspond au niveau du terrain actuel au moment des investigations, noté « TA » dans la suite du présent rapport. Les points de sondages n'ont pas été relevés en XYZ.

Les sondages ont été implantés en fonction des contraintes d'accès, des réseaux en présence et des conditions de travail en sécurité.

3.1.2. Investigations in situ

3.1.2.1. Investigations de GEOTEC – Avril 2022

Tableau 1 - Détail des sondages in situ de Géotec

Type de sondage	Quantité	Noms	Prof. (m/TA)
<u>Sondages carottés sur chaussée prolongés par des sondages à la tarière</u> Ø63 mm jusqu'à 1.5 m de profondeur	5	SC1 à SC5	1.5
<u>Sondage à la tarière</u> Ø63 mm	1	ST1	1.5
<u>Essai pénétrométrique type PDB</u>	8	PD1 à PD8	3.2 à 4.8

68 mesures de déflexions au deflectomètre FWD 1500 PRIMAX (simulation d'une charge de 130 kN par essieu, soit 65 kN sur la plaque) :

- 58 mesures sur chaussée en enrobé
- 10 mesures sur chaussée en béton.

Les PV des essais sont présentés en annexe 3.

3.1.2.2. Investigations de Ginger CEBTP – Octobre 2025

Il a été effectué sur place :

Tableau 2 - Détail des sondages in situ de Ginger CEBTP

Type de sondage	Quantité	Noms	Prof. (m/TA)
<u>Sondages carottés sur chaussée</u> Ø100 mm (enrobés) à la carotteuse routière	4	SC06 à SC09	0.105 à 0.155
<u>Sondages à la pelle mécanique</u> <u>sur terrain naturel</u>	4	PM1 à PM4	1.9 à 2.5

Des essais de plaques à 30 cm de profondeur ont été réalisés dans les sondages à la pelle PM2 et PM4. Les PV des essais sont présentés en annexe 6.

Les sondages effectués sont détaillés en annexes 4 et 5 où l'on trouvera en particulier les renseignements suivants :

- **Carottages de chaussée :**
 - Description des enrobés,
 - Détails des outils utilisés,
 - Photographie couleur des enrobés.
- **Sondages à la pelle mécanique :**
 - Coupe détaillée des sols,
 - Photographie couleur des sols.

3.1.3. Essais de laboratoire sur les sols

3.1.3.1. Investigations de GEOTEC – Juillet 2022

D'après les informations communiquées, GEOTEC a réalisé les essais suivants :

Tableau 3 - Détail des essais de laboratoire de Géotec

Identification des sols	Nombre	Norme
Teneur en eau pondérale (W)	1	-
Analyse granulométrique par tamisage	1	NF P 94-056
Limites d'Atterberg (IP)	1	NF P 94-051
Classification des sols (GTR)	2	NF P 11-300

Les résultats bruts de ces essais sont reportés en annexe 3.

3.1.3.2. Investigations de Ginger CEBTP – Novembre 2025

Des prélèvements d'échantillons de sols ont été effectués lors de la réalisation des sondages à la pelle mécanique (PM). Les essais réalisés sur ces échantillons sont présentés au tableau suivant :

Tableau 4 - Détail des essais de laboratoire géotechnique

Identification des sols	Nombre	Norme
Teneur en eau pondérale (W)	2	NF EN ISO 17892-1
Analyse granulométrique par tamisage	2	NF EN ISO 17892-4
Valeur au bleu du sol (VBS)	2	NF EN 17542-3
Indice de Portance Immédiat	1	NF P94-078
Indice CBR après immersion	1	NF P94-078
Classification des sols (GTR)	2	NF EN 16907-2

Ces essais ont pour but, la détermination de la portance immédiate et la tenue à l'eau des sols en place. L'indice CBRi est un indicateur permettant de caractériser la résistance mécanique du sol support et entre dans le dimensionnement des structure aéronautiques.

Les résultats bruts de ces essais sont reportés en annexe 7.

Nota : les prélèvements d'échantillons sont la propriété du client. Ils seront conservés pendant un mois à compter de l'envoi du rapport. S'il le souhaite, le client pourra donc soit récupérer ses prélèvements, soit demander à ce qu'ils soient conservés. A défaut de demande expresse, les prélèvements seront mis au rebus.

3.1.4. Essais de laboratoire sur les enrobés

Des analyses amiantes et HAP ont été réalisés sur les enrobés par un laboratoire Accrédité Cofrac après conditionnement par GINGER.

Détection d'amiante

Tous les échantillons sont analysés systématiquement au Microscope Electronique à Transmission, suivant la norme NF X 43-050 et l'arrêté du 1er octobre 2019 relatif aux modalités de réalisation des analyses de matériaux et produits susceptibles de contenir de l'amiante, aux conditions de compétences du personnel et d'accréditation des organismes procédant à ces analyses. Conformément à ce dernier, les analyses amiante sont menées couche par couche. Trois sous-échantillonnages sont réalisés ainsi que trois analyses META. Enfin lorsque l'analyse est positive, un cliché du type de fibre détectée est réalisé.

Détection d'HAP

Les analyses de quantification des 16 Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) sont conduites suivant la norme EN 15525.

Suivant l'arrêté du 12/12/2014 et le guide du CEREMA « Acceptabilité environnementale de matériaux alternatifs en technique routière » de septembre 2015, les seuils de HAP sont définis ainsi :

- En dessous de 50 mg/kg, les enrobés peuvent être recyclés à chaud, à froid ou déposés en installation de stockage de déchets inertes (ISDI).
- Entre 50 et 500 mg/kg, les enrobés peuvent être recyclés à froid ou déposés en installation de stockage de déchets non dangereux (ISDND).
- Au-delà, de 500 mg/kg, les enrobés ne peuvent pas être recyclés et devront être orientés vers des ISDND ou des installations de stockage de déchets dangereux (ISDD).

4. Synthèse des investigations de voirie

4.1. Relevé des dégradations



Les dégradations sont décrites ci-dessous :

- Fissures : ce sont des cassures périodiques avec des ramifications, d'espacement variable, intéressant la totalité de la surface. Les fissures peuvent être ouvertes sur plus d'1 cm. Sur les vues aériennes antérieures, les désordres sont visibles à partir de 2013. Plusieurs causes sont probables avec notamment, un défaut de mise en œuvre de la couche de roulement, la fatigue avancée de la chaussée due à la répétition des efforts ou un sous-dimensionnement d'une ou de plusieurs couches, la diminution de portance du sol support, ...
- Réparations : Des entretiens ponctuels ont été effectués sur les aires en enrobés (garnissage et pontage des fissures). Les pontages sont majoritaires tous dégradés avec une réouverture des fissures.

4.2. Lithologie

Les coupes réalisées au droit des différents points de reconnaissance sur le secteur à l'étude sont remises en annexes 3 et 4.

L'analyse et la synthèse des résultats des investigations réalisées ont permis de dresser la coupe géotechnique schématique suivante :

Formation n°0 : Terre végétale

Profondeur : de 0,00 m/TA à 0,30 m/TA

Formation n°0bis : Enrobé ou béton

Profondeur : de 0,00 m/TA à 0,105 / 0,20 m/TA

Formation n°1 : Remblais limono-sablo-argileux marron ou graves argilo-sableuses marron/beige/blanc

Profondeur : de 0,105 / 0,3 m/TA à 0,5 / > 1,9 m/TA

Epaisseur : 0,45 à 1,6 m

Une sur-profondeur de l'épaisseur de remblais a été observée au droit de PM01 (tranchée drainante ?).

Formation n°2 : Argile limono-sableuse à limono argilo-sableux marron/beige (remblais ?)

Profondeur : de 0,50 – 1,40 m/TA à > 1,5 / > 2,50 m/TA

Remarque :

- Une tranchée drainante a été observée autour de la zone en enrobé de 1.7 m de large (PM03, PM04, PM01)
- Les formations 1 et 2 ont de natures similaires (limon argilo-sableux et argile limono-sableuse). Par conséquent la distinction entre ces deux formations n'est pas évidente.
- Nous rappelons qu'il n'est pas toujours évident de distinguer les variations horizontales et/ou verticales éventuelles, inhérentes aux changements de faciès, compte tenu de la surface investiguée par rapport à celle concernée par le projet et du remaniement des matériaux en place. De ce fait, les caractéristiques indiquées précédemment ont un caractère représentatif mais non absolu.

4.3. Résultats des essais d'identification en laboratoire des sols

Les résultats des essais de laboratoire sont donnés en annexe 3 pour les analyses de Géotec et en annexe 7 pour les analyses GINGER. A noter que les profondeurs d'essais se rapportent au niveau du terrain naturel au moment de la reconnaissance.

La synthèse des analyses et essais d'identification est récapitulée dans le tableau ci-après.

Tableau 5 - Résultats des essais d'identification de laboratoire sur les sols de Ginger CEBTP

Réf. Ech.	Profondeur (m)	Description	Teneur en eau W (%)	Granulométrie (% passant)				Valeur VBS (g/100g)	Indice de Portance Immédiat	Indice CBR immersion	Classification GTR 2023 (GTR 2000)
				Dmax (mm)	à 63 mm	à 2 mm	à 63 µm				
PM02	0.30 – 0.80	Limon sablo-argileux à sable limono-argileux	9.2	8	100	99.6	62.6	2.22	-	-	F1 (A1)
PM04	0.40 – 1.40	Limon argileux et sableux avec quelques graves	13.0	25	100	98.5	71.9	4.24	25	7	F2 s ou ts (A2 s ou ts)

Tableau 6 - Résultats des essais d'identification de laboratoire sur les sols de Géotec

Réf. Ech.	Profondeur (m)	Description	Teneur en eau W (%)	Granulométrie (% passant)				Indice de plasticité Ip	Indice de Portance Immédiat	Classification (GTR 1992)
				Dmax (mm)	à 50 mm	à 2 mm	à 80 µm			
SC01	0.70 – 1.50	Argile marron	16.3	2.0	100	100	75.4	19.9	-	(A2 m)

Matériaux au niveau de la future couche de forme
 Matériaux au niveau de la future arase de terrassement

Les matériaux au niveau de la future **couche de forme** ont été classés en **F1** au sens du GTR 2023 et A1 au sens du GTR 1992. Avec une VBS de 2.22 g de bleu pour 100 g de matière sèche, ces matériaux sont **sensibles à l'eau**. Compte tenu de leur sensibilité à l'eau ces derniers **ne pourront pas être conservés sur site en l'état**. S'agissant de remblais, leur épaisseur est très hétérogène. Elle est comprise entre 0.45 et 1.6 m d'épaisseur pour les limons et argiles sableuse. Des tranchées graveleuses ont également été rencontrées.

Les **matériaux d'arase terrassement** sont classés en **F2** au sens du GTR 2023 et A2 au sens du GTR 1992/2000. Ces matériaux sont **sensibles à l'eau et au retrait gonflement des argiles** avec une VBS de 4.24 g de bleu pour 100 g de matière sèche et un Ip de 19.9.

Pour ces matériaux, la valeur d'**IPI mesurée en laboratoire** est de : **IPI = 25** au droit du sondage PM04 indique une bonne portance de ce sol qui est dans un état hydrique « **sec à très sec** ». **Une mesure de l'indice CBR après 4 jour d'immersion a été mesuré égale à 7** sur l'échantillon de PM04 prélevé entre 0.4 et 1.4 m de profondeur.

En résumé, les matériaux au niveau de la future couche de forme ne peuvent être conservés en état compte tenu de leur qualité et de leur sensibilité à l'eau. De plus leur épaisseur et leur nature est hétérogène. Leur épaisseur est comprise entre 45 et 160 cm. **Ces matériaux reposent sur une arase terrassement de nature argilo-sablo-limoneuse +/- graveleuse, également sensibles aux variations d'état hydrique.**

Les valeurs d'IPI mesurées pourraient conduire à une classe PST2/AR1. **Toutefois, compte tenu de la sensibilité à l'eau des sols d'arase, la classe pourrait chuter à une PST0/AR0.** Ceci implique une vérification de la portance avant les travaux afin de définir les moyens à mettre en place :

- **drainage, purge, substitution des matériaux pour obtenir les objectifs de portance requis sur l'arase terrassement.**
- **traitement à la chaux et/ou aux liants hydrauliques ou substitution des matériaux par apport de matériaux granulaires adaptés pour obtenir les objectifs de portance requis sur la couche de forme.**

Des travaux préparatoires (drainage, purge et substitution, cloutage, mise en place de géogrilles, etc...) pourront être nécessaires pour obtenir une portance minimale PST n°2/AR1.

Les travaux devront être réalisés en période météorologique favorable afin d'obtenir des matériaux en état hydrique moyen à sec et pour permettre une circulation des engins sur la PST sans difficulté. Si, toutefois, les travaux sont réalisés en période défavorable, des sujétions seront à prévoir afin d'augmenter la portance avant la réalisation de la couche de forme.

Des purges seront nécessaires localement pour garantir une homogénéité des sols supports de chaussées.

➤ **Commentaires selon le guide GTR 2023**

Commentaires sur les sols classés en F1 :

Il s'agit ici de limon sablo-argileux présentant une fraction de fines de diamètre inférieur à 63 µm supérieure à 35%, une VBS inférieure à 2.5 de bleu /100 g de sol sec et un diamètre maximal inférieur à 63 mm. **Ces matériaux sont sensibles à l'eau et leur consistance change brutalement pour de faibles variations hydriques.**

Commentaires sur les sols classés en F2 :

Il s'agit ici d'argiles sablo-limoneuses légèrement graveleux présentant une fraction de fines de diamètre inférieur à 63 µm supérieure à 35%, une VBS comprise entre 2.5 et 6 de bleu /100 g de sol sec et un diamètre maximal inférieur à 63 mm. Ces matériaux sont sensibles à l'eau et leur consistance change brutalement pour de faibles variations hydriques.

Pour les matériaux classés F2 : Les valeurs d'IPI supérieures à 15 définissent un état hydrique « sec à très sec ».

La portance de ces sols est bonne lorsqu'ils sont dans un état hydrique « sec à très sec ». Elle peut chuter lors d'une augmentation de la teneur en eau.

4.4. Résultats des essais sur enrobés

La description des échantillons analysés est synthétisée dans le tableau 7. Elle concerne uniquement les enrobés.

Les photographies des carottes d'enrobés ainsi que les résultats des analyses amiante et H.A.P figurent en annexe 5.

Les analyses HAP ont été faites selon la norme NEN EN 15527, NEN EN 15934 et EN 12880. Les analyses amiante ont été réalisées sur mastic et granulats selon la méthode au MOLP et META selon la norme NF ISO 22262-1.

Tableau 7 - Synthèse des descriptions

Réf. Ech.	Localisation	Epaisseur totale (cm)	N° de couche	Epaisseur par couche (cm)	Type	Présence de fibres d'amiante	Taux d'H.A.P (mg/kg)	Aspect global
SC1	Hélistation Plateforme principale en enrobé	15	N.C	-	NC	-	-	-
SC2		16	N.C	-	NC	-	-	-

Réf. Ech.	Localisation	Epaisseur totale (cm)	N° de couche	Epaisseur par couche (cm)	Type	Présence de fibres d'amiante		Taux d'H.A.P (mg/kg)	Aspect global
SC4	Hélistation Plateforme principale en enrobé	12	N.C	-	NC	-		-	-
SC5		15	N.C	-	NC	-		-	-
SC06		14.0	1	6.0	EB 0/10	Non détectée	< 0.5	Médiocre	
			2	8.0	EB 0/10	Non détectée	< 0.5	Mauvaise	
SC07		14.5	1	5.5	EB 0/10	Non détectée	< 0.5	Mauvaise	
			2	9.5	EB 0/10	Non détectée	< 0.5	Mauvaise	
SC08		15.5	1	6.0	EB 0/10	Non détectée	< 0.5	Mauvaise	
			2	9.5	EB 0/10	Non détectée	< 0.5	Mauvaise	
SC09	Zone tampon	10.5	1	5.5	EB 0/10	Non détectée	< 0.5	Médiocre	
			2	5.0	EB 0/10	Non détectée	< 0.5	Médiocre	
SC3	Hélistation béton	20	N.C	-	NC	-		-	

1) Les résultats ne tiennent pas compte des teneurs en dessous des seuils de quantification.

2) N.C = Non communiqué

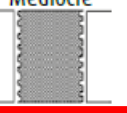
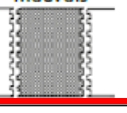
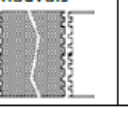
Les sondages carottés réalisés ont montré :

- Une plateforme en enrobé de 12 à 16 cm d'épaisseur,
- Une dalle en béton au niveau de la zone de posée de 20 cm d'épaisseur,
- Une zone tampon en enrobé de 10.5 cm d'épaisseur.

Pour la plateforme principale, la structure de chaussée est une chaussée bitumineuse épaisse d'environ 15 cm d'épaisseur en état mauvais.

La zone tampon (sondage SC09) devant l'hélistation est en structure de chaussée souple constituée d'environ 10.5 cm d'enrobé dans un état médiocre.

Tableau 8 - Classification de l'état des matériaux carottés pour les chaussées bitumineuses

		Qualité de la carotte				
		Saine	Médiocre	Fissurée	Fragmentée	Désagrégée
Qualité de la paroi	Lisse				Non rencontré	Non rencontré
	Granulats arrachés	Non rencontré				

4.5. Essais de déflexions

Il a été effectué **68 mesures de déflexion au FWD sur l'ensemble du site par Gracchus en avril 2022**. Aucun essai n'a été réalisé sur la zone tampon.

L'implantation des mesures est reportée sur les plans d'implantation des déflexions en annexe 3 avec les PV de synthèse des déflexions.

La classe de déflexion est issue du guide CEREMA « Diagnostic et conception des renforcements de chaussées » et dépend du type de chaussée et de la valeur de déflexion caractéristique obtenue.

Tableau 9 - Résultats des essais de déflexion en 1/100 mm

Localisation	Nombre d'essai	Valeur minimum	Valeur maximum	Moyenne (M)	Ecart-type (s)	Valeur caractéristique V_c^*	Classe de déflexion
Plateforme en enrobé	58	32	88	50	13	76	D5
Zone de pose en béton	10	15	44	24	10	43	-

$$*V_c = M + 2s$$

Les mesures ayant été réalisées il y a 3 ans et demi, nous retiendrons une classe dégradée D6 pour la suite de l'étude.

Tableau 10 - Classes de déflexion caractéristique pour les chaussées bitumineuse

Classes de déflexion	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
Seuils de déflexion caractéristique en 1/100 ^e mm	de 0 à 19	de 20 à 29	de 30 à 44	de 45 à 74	de 75 à 99	de 100 à 149	de 150 à 199	de 200 à 299	≥ 300
Niveau global de comportement en fonction de la classe de trafic									
T1 - T0	Bon		Moyen		Mauvais				
T3 - T2	Bon			Moyen		Mauvais			
T5 - T4	Bon				Moyen		Mauvais		

 Classe de déflexion de la plateforme en enrobé de l'hélistation

➔ Dégradation de la classe de déflexion pour prendre en compte la fatigue depuis les mesures

En considérant une classe de déflexion D6 et un trafic T5, la structure en place du secteur étudié présente une forte déformabilité.

4.6. Niveau de portance de la plateforme par rétrocalcul

Sur la base des mesures de déflexions effectuées en phase AVP et sur la base des carottages, le logiciel ALIZE LCPC a été utilisé afin de rétrocalculé le niveau de portance de la plateforme support pour la zone en enrobé. Les calculs indiquent un niveau de portance de l'ordre de 60 à 70 MPa. Ces valeurs ne sont valides que pour l'état hydrique des matériaux au moment des investigations (avril 2022). Les sondages effectués en 2022 indiquent des matériaux de couche de forme de type grave limoneuse à graves argilo sableuse. La portance de ces matériaux peut évoluer en fonction de leur teneur en eau et par conséquent le niveau de la plateforme support de la structure.

4.7. Essais de plaques

Il a été effectué **2 essais de mesures EV2 par essais à la plaque sur les limons et argiles (formation n°1 – environ 30 cm de profondeur) au droit des sondages à la pelle PM02 et PM03**. L'implantation des mesures est reportée sur les plans d'implantation en annexe 3 et les PV de synthèse en annexe 6.

Les résultats obtenus sont présentés dans l'extrait du PV suivant :

Tableau 11 - Extrait du PV des essais de plaque

Mesures de la portance

Essai N°	Localisation (Sens / PK / Profil / Voie de circulation / etc ...)	EV1	EV2	EV2	EV2 en MPa					
		MPa	MPa	EV1	0	20	40	60	80	100
1	PM2 / - 0.3 m - cf. plan d'implantation	12.5	28.1	2.25						
2	PM3 / - 0.3 m - cf. plan d'implantation	15.3	36.0	2.35						

La portance minimale attendu au niveau de l'arase de terrassement (EV2 > 20 MPa) est atteinte. Dans l'état hydrique au moment des investigations, la portance mesure correspond

bien à un AR1 et une classification en PST2/AR1. Ainsi si les travaux sont réalisés pour les même niveau d'hydrométrie, la portance de l'arase de terrassement sera bien AR1.

Pour les sols fins, la relation de Jeuffroy Bachelez indique que le module EV2 peut être associé à la valeur CBR par la relation $EV2 = 6.5 \times CBR^{0.65}$. Soit une valeur de module EV2 de l'ordre de 23 MPa pour un CBR de 7. Ces valeurs sont cohérentes avec les mesures effectuées.

5. Proposition technique

5.1. Terrassabilité des matériaux

La réalisation des déblais concernant les limons et argiles ne présentera pas de difficulté particulière d'extraction.

Toutefois, compte tenu des plans de réseaux transmis et des sondages réalisés, il est à noter que des tranchées sont présentes.

5.2. Arase terrassement

Les matériaux du site sont sensibles à l'eau et leur portance peut chuter en période défavorable. Dans le cas où une PST0/AR0 à une PST1/AR1 serait identifiée sur site, une amélioration de l'arase (terrassement, drainage et/ou traitement) sera nécessaire pour obtenir à minima une PST2/AR1.

Si les purges devaient avoir lieu en période humide ou par mauvaises conditions météorologiques, une réception de l'arase devrait être faite par des essais à la plaque avec **EV2 > 20 MPa**. En cas de non-conformité, une purge supplémentaire devra être effectuée. Pour le dimensionnement, il a été considéré un complexe PST/AR de type **PST2/AR1**.

5.3. Dimensionnement de la couche de forme

Afin de mettre en place une structure rigide en béton (une couche de béton BC5), un niveau de plateforme minimale PF2qs (EV2 > 80 MPa) doit être mis en œuvre. Dans le cas où la structure rigide serait constituée d'une couche de fondation en BC3 et d'une couche de surface en BC5, le niveau de plateforme à obtenir pourrait être une PF2.

Au niveau des aires en enrobé bitumineux (structure existante et élargissement pour le passage des ambulances) il conviendra de mettre en œuvre une couche de forme afin d'atteindre un niveau de portance PF2 (EV2 > 50 MPa). Sur la base des sondages effectués en 2022 et des investigations complémentaires, **les matériaux constituant la couche de forme actuelle (grave limoneuse à grave argilo-sableuse) ne pourront être conservés en état** de par les risques de perte de portance en cas d'infiltration d'eau.

Pour obtenir une couche de forme avec ce niveau de portance (PF2 ou PF2qs), deux techniques sont couramment utilisées :

- L'apport de matériaux granulaires adaptés en épaisseur suffisante en considérant l'état de l'arase,
- Le traitement des sols en place au liant et/ou à la chaux : technique nécessitant la réalisation d'une étude préalable en laboratoire pour valider sa faisabilité.

5.3.1. Couche de forme en matériaux granulaires

Dans le cas d'apport de matériaux granulaires, l'épaisseur de la couche de forme à mettre en place est indiquée au tableau 12 en fonction de la plateforme visée et du cas de PST. Ces valeurs sont issues de la note d'information du guide GTR 2023.

Tableau 12 - Épaisseur préconisée de la couche de forme en fonction de la plate-forme visée et du cas de PST/AR

Classe de PF	Classe de matériau de la couche de forme	AR1
		PST2
		Sans géotextile
PF2	G11 ins ou équivalent	0,50 m
PF2qs	G11 ins ou équivalent	0,75 m
PF3	G11 ins ou équivalent	0,90 m

Conformément au GTR 2023, les matériaux de couche de forme doivent respecter les critères suivants :

- Insensibilité à l'eau,
- Dimension des plus gros éléments qui doit permettre d'éviter la ségrégation, assurer un nivellement de plateforme et un malaxage intime avec les produits de traitement le cas échéant,
- Résistance sous circulation des engins de chantier,
- Insensibilité au gel,
- Performance mécanique pour le cas des matériaux traités à la chaux et/ou aux liants hydrauliques atteintes.

L'ensemble de ces critères est détaillé dans le fascicule 1 paragraphe 4.2 du GTR 2023.

Mise en garde : Un contrôle et un choix de matériaux adapté à l'utilisation tel qu'une grave reconstituée peut s'avérer nécessaire afin d'obtenir une classe de portance PF3.

Attention : il a été retenu une classe PST2/AR1 comme hypothèse de dimensionnement de la couche de forme. **Le bon drainage des voiries et avoisinants devra donc être réfléchi pour que les chaussées soient hors d'eau ou ne soient pas interceptées par des écoulements.**

5.3.2. Couche de forme traitée à la chaux et/ou au liant

A ce stade de l'étude, il n'a pas été considéré la réutilisation des matériaux du site après traitement de ces derniers compte tenu de leur hétérogénéité. De plus il est à noter que les surfaces sont relativement faibles (moins de 2000m²) pour rentabiliser la mobilisation d'un atelier de traitement.

Aucune vérification de l'aptitude au traitement des matériaux du site n'a donc été effectuée.

Si une entreprise devait proposer des solutions de ce type pour les matériaux d'apport, il conviendra qu'elle réalise au préalable la vérification de l'aptitude au traitement du sol et l'ensemble des essais de laboratoire conformément au guide SETRA de traitement des sols.

GINGER se tient à disposition du maître d'ouvrage pour évaluer les possibilités de traitement des matériaux du site.

5.4. Dimensionnement des structures de chaussées

Le dimensionnement des structures de chaussées en béton et enrobé ne relevant pas des ouvrages géotechniques de la norme géotechnique, Ginger CEBTP a été mandaté afin de proposer un dimensionnement spécifique pour les structures aéronautiques. La méthodologie suivie ainsi que le dimensionnement des aires sont détaillées en annexe 8.

6. Conclusions

Les matériaux du site sont hétérogènes et constitués majoritairement de :

- remblais de nature limono-sablo argileuse ou gravelo-argilo-sableuse en première formation
- matériaux argilo limono-sableux en deuxième formation

La portance de ces matériaux peut chuter pour de faibles variations hydriques. Dans ce cas, une amélioration de ces matériaux peut être nécessaire en phase travaux (terrassment, drainage, traitement, substitution...). **Le bon drainage des voiries et avoisinants devra donc être réfléchi pour que les chaussées soient hors d'eau ou ne soient pas interceptées par des écoulements.**

Il est recommandé d'effectuer les travaux en période favorable pour s'affranchir de ce risque. Une arase PST2/AR1 ($EV2 \geq 20$ MPa) devra être obtenue.

En considérant une PST2/AR1, afin d'atteindre les niveaux de portance des plateformes souhaités, ($PF2 : EV2 > 50$ MPa sous les zones en enrobé et en béton et $k_0 > 40$ MN/m³ sous les zones en béton), la couche de forme pourra être réalisée :

- En matériaux granulaires adapté à l'utilisation tel qu'une grave reconstituée sur minimum 75 cm d'épaisseur pour une $PF2_{qs}$ et minimum 50 cm d'épaisseur pour une $PF2$.
- En matériaux traités aux liant hydrauliques et/ou à la chaux. Une étude de niveau 1 en phase exécution devra alors être réalisée afin de déterminer le dosage et définir les épaisseurs de traitement nécessaires en fonction des performances mécaniques obtenues.

Sur la base des sondages effectués en 2022 et des investigations complémentaires, **les matériaux constituant la couche de forme actuelle (grave limoneuse à grave argilo-sableuse) ne pourront être conservés en état** de par les risques de perte de portance en cas d'infiltration d'eau.

7. Observations majeures

On s'assurera que la stabilité des ouvrages et des sols avoisinants le projet est assurée pendant et après la réalisation de ce dernier.

Les conclusions du présent rapport ne sont valables que sous réserve des conditions générales des missions géotechniques de l'Union Syndicale Géotechnique fournies en annexe 1 (norme NF P94-500 de novembre 2013).

Nous rappelons que cette étude est une mission de niveau G2 menée en phase Projet.

Ginger CEBTP se tient à disposition pour la réalisation des missions géotechniques suivantes.

Conformément à la norme NF P94-500 de novembre 2013, il est nécessaire d'enchaîner les études d'ingénierie géotechniques avec les phases suivantes :

- Etude géotechnique de conception phase DCE/ACT (G2 DCE / ACT),
- Puis, après attribution du marché de travaux, les études géotechniques de réalisation G3 et G4.

ANNEXE 1 – NOTES GENERALES SUR LES MISSIONS GEOTECHNIQUES

- Classification des missions types d'ingénierie géotechnique,
- Schéma d'enchaînement des missions types d'ingénierie géotechnique.

4.2.4 Tableaux synthétiques

Tableau 1 — Enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique

Enchaînement des missions G1 à G4	Phases de la maîtrise d'œuvre	Mission d'ingénierie géotechnique (GN) et Phase de la mission		Objectifs à atteindre pour les ouvrages géotechniques	Niveau de management des risques géotechniques attendu	Prestations d'investigations géotechniques à réaliser
Étape 1 : Étude géotechnique préalable (G1)		Étude géotechnique préalable (G1) Phase Étude de Site (ES)		Spécificités géotechniques du site	Première identification des risques présentés par le site	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
	Étude préliminaire, esquisse, APS	Étude géotechnique préalable (G1) Phase Principes Généraux de Construction (PGC)		Première adaptation des futurs ouvrages aux spécificités du site	Première identification des risques pour les futurs ouvrages	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
Étape 2 : Étude géotechnique de conception (G2)	APD/AVP	Étude géotechnique de conception (G2) Phase Avant-projet (AVP)		Définition et comparaison des solutions envisageables pour le projet	Mesures préventives pour la réduction des risques identifiés, mesures correctives pour les risques résiduels avec détection au plus tôt de leur survenance	Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	PRO	Étude géotechnique de conception (G2) Phase Projet (PRO)		Conception et justifications du projet		Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	DCE/ACT	Étude géotechnique de conception (G2) Phase DCE / ACT		Consultation sur le projet de base / Choix de l'entreprise et mise au point du contrat de travaux		
Étape 3 : Études géotechniques de réalisation (G3/G4)		À la charge de l'entreprise	À la charge du maître d'ouvrage			
	EXE/VISA	Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Étude (en interaction avec la phase Suivi)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision de l'étude géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision du suivi)	Étude d'exécution conforme aux exigences du projet, avec maîtrise de la qualité, du délai et du coût	Identification des risques résiduels, mesures correctives, contrôle du management des risques résiduels (réalité des actions, vigilance, mémorisation, capitalisation des retours d'expérience)	Fonction des méthodes de construction et des adaptations proposées si des risques identifiés surviennent
	DET/AOR	Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Suivi (en interaction avec la phase Étude)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision du suivi géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision de l'étude)	Exécution des travaux en toute sécurité et en conformité avec les attentes du maître d'ouvrage		Fonction du contexte géotechnique observé et du comportement de l'ouvrage et des avoisinants en cours de travaux
À toute étape d'un projet ou sur un ouvrage existant	Diagnostic	Diagnostic géotechnique (G5)		Influence d'un élément géotechnique spécifique sur le projet ou sur l'ouvrage existant	Influence de cet élément géotechnique sur les risques géotechniques identifiés	Fonction de l'élément géotechnique étudié

Tableau 2 — Classification des missions d'ingénierie géotechnique

L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étapes 1 à 3) doit suivre les étapes de conception et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géotechniques. Le maître d'ouvrage ou son mandataire doit faire réaliser successivement chacune de ces missions par une ingénierie géotechnique. Chaque mission s'appuie sur des données géotechniques adaptées issues d'investigations géotechniques appropriées.
ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1) Cette mission exclut toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre de la mission d'étude géotechnique de conception (étape 2). Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire. Elle comprend deux phases : <u>Phase Étude de Site (ES)</u> Elle est réalisée en amont d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour une première identification des risques géotechniques d'un site. — Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisinants avec visite du site et des alentours. — Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. — Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs. <u>Phase Principes Généraux de Construction (PGC)</u> Elle est réalisée au stade d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour réduire les conséquences des risques géotechniques majeurs identifiés. Elle s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées. — Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. — Fournir un rapport de synthèse des données géotechniques à ce stade d'étude (première approche de la ZIG, horizons porteurs potentiels, ainsi que certains principes généraux de construction envisageables (notamment fondations, terrassements, ouvrages enterrés, améliorations de sols).
ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2) Cette mission permet l'élaboration du projet des ouvrages géotechniques et réduit les conséquences des risques géotechniques importants identifiés. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend trois phases : <u>Phase Avant-projet (AVP)</u> Elle est réalisée au stade de l'avant-projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées. — Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. — Fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet, les principes de construction envisageables (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions générales vis-à-vis des nappes et des avoisinants), une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique et la pertinence d'application de la méthode observationnelle pour une meilleure maîtrise des risques géotechniques. <u>Phase Projet (PRO)</u> Elle est réalisée au stade du projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées suffisamment représentatives pour le site. — Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. — Fournir un dossier de synthèse des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier), des notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions vis-à-vis des nappes et des avoisinants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités. <u>Phase DCE / ACT</u> Elle est réalisée pour finaliser le Dossier de Consultation des Entreprises et assister le maître d'ouvrage pour l'établissement des Contrats de Travaux avec le ou les entrepreneurs retenus pour les ouvrages géotechniques. — Établir ou participer à la rédaction des documents techniques nécessaires et suffisants à la consultation des entreprises pour leurs études de réalisation des ouvrages géotechniques (dossier de la phase Projet avec plans, notices techniques, cahier des charges particulières, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel). — Assister éventuellement le maître d'ouvrage pour la sélection des entreprises, analyser les offres techniques, participer à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.

Tableau 2 — Classification des missions d'ingénierie géotechnique (suite)

ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G 4, distinctes et simultanées) ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3) Cette mission permet de réduire les risques géotechniques résiduels par la mise en œuvre à temps de mesures correctives d'adaptation ou d'optimisation. Elle est confiée à l'entrepreneur sauf disposition contractuelle contraire, sur la base de la phase G2 DCE/ACT. Elle comprend deux phases interactives : <u>Phase Étude</u> — Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. — Étudier dans le détail les ouvrages géotechniques : notamment établissement d'une note d'hypothèses géotechniques sur la base des données fournies par le contrat de travaux ainsi que des résultats des éventuelles investigations complémentaires, définition et dimensionnement (calculs justificatifs) des ouvrages géotechniques, méthodes et conditions d'exécution (phasages généraux, suivis, auscultations et contrôles à prévoir, valeurs seuils, dispositions constructives complémentaires éventuelles). — Élaborer le dossier géotechnique d'exécution des ouvrages géotechniques provisoires et définitifs : plans d'exécution, de phasage et de suivi. <u>Phase Suivi</u> — Suivre en continu les auscultations et l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase Étude. — Vérifier les données géotechniques par relevés lors des travaux et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats). — Établir la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et fournir les documents nécessaires à l'établissement du dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO). SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4) Cette mission permet de vérifier la conformité des hypothèses géotechniques prises en compte dans la mission d'étude et suivi géotechniques d'exécution. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend deux phases interactives : <u>Phase Supervision de l'étude d'exécution</u> — Donner un avis sur la pertinence des hypothèses géotechniques de l'étude géotechnique d'exécution, des dimensionnements et méthodes d'exécution, des adaptations ou optimisations des ouvrages géotechniques proposées par l'entrepreneur, du plan de contrôle, du programme d'auscultation et des valeurs seuils. <u>Phase Supervision du suivi d'exécution</u> — Par interventions ponctuelles sur le chantier, donner un avis sur la pertinence du contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur (G3), du comportement tel qu'observé par l'entrepreneur de l'ouvrage et des avoisinants concernés (G3), de l'adaptation ou de l'optimisation de l'ouvrage géotechnique proposée par l'entrepreneur (G3). — donner un avis sur la prestation géotechnique du DOE et sur les documents fournis pour le DIUO. DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5) Pendant le déroulement d'un projet ou au cours de la vie d'un ouvrage, il peut être nécessaire de procéder, de façon strictement limitative, à l'étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques, dans le cadre d'une mission ponctuelle. Ce diagnostic géotechnique précise l'influence de cet ou ces éléments géotechniques sur les risques géotechniques identifiés ainsi que leurs conséquences possibles pour le projet ou l'ouvrage existant. — Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. — Étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans la globalité du projet ou dans l'étude de l'état général de l'ouvrage existant. — Si ce diagnostic conduit à modifier une partie du projet ou à réaliser des travaux sur l'ouvrage existant, des études géotechniques de conception et/ou d'exécution ainsi qu'un suivi et une supervision géotechniques seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).
--

ANNEXE 2 – PLANS D'IMPLANTATION DES SONDAGES

Plan d'implantation

Dossier : STL5.P.0092

Réfection et extension de l'hélistation du CHU de Rangueil

Légende

-  Sondage à la pelle mécanique
-  Sondages carottés de l'enrobé



ANNEXE 3 – SONDAGES DE GEOTEC DE 2022

MESURES DE DEFLEXIONS AU DEFLECTOMETRE A MASSE TOMBANTE FWD RAPPORT D'ESSAIS

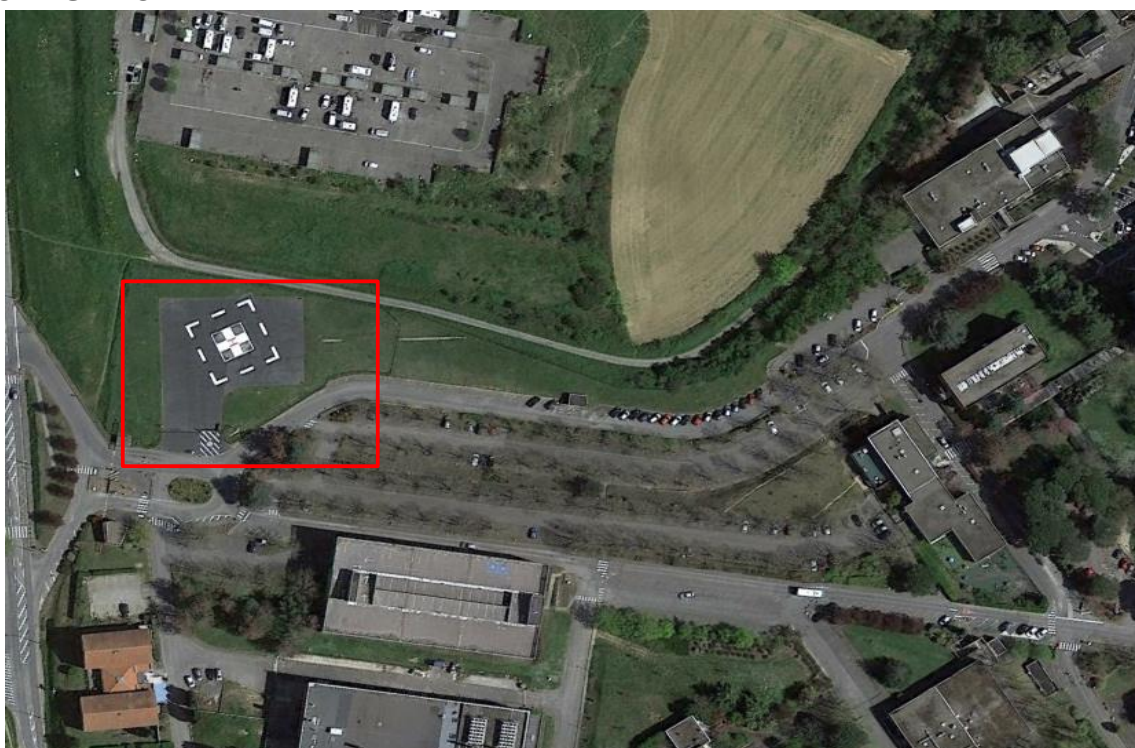
N° DOSSIER :	T136	DEMANDEUR :	GEOTEC toulouse
DATE DES MESURES :	26/04/2022	CHANTIER :	Heliport RANGUEIL
TYPE D'APPAREIL :	PRIMAX 1500	DESTINATAIRE :	ROUSSEL Guillaume

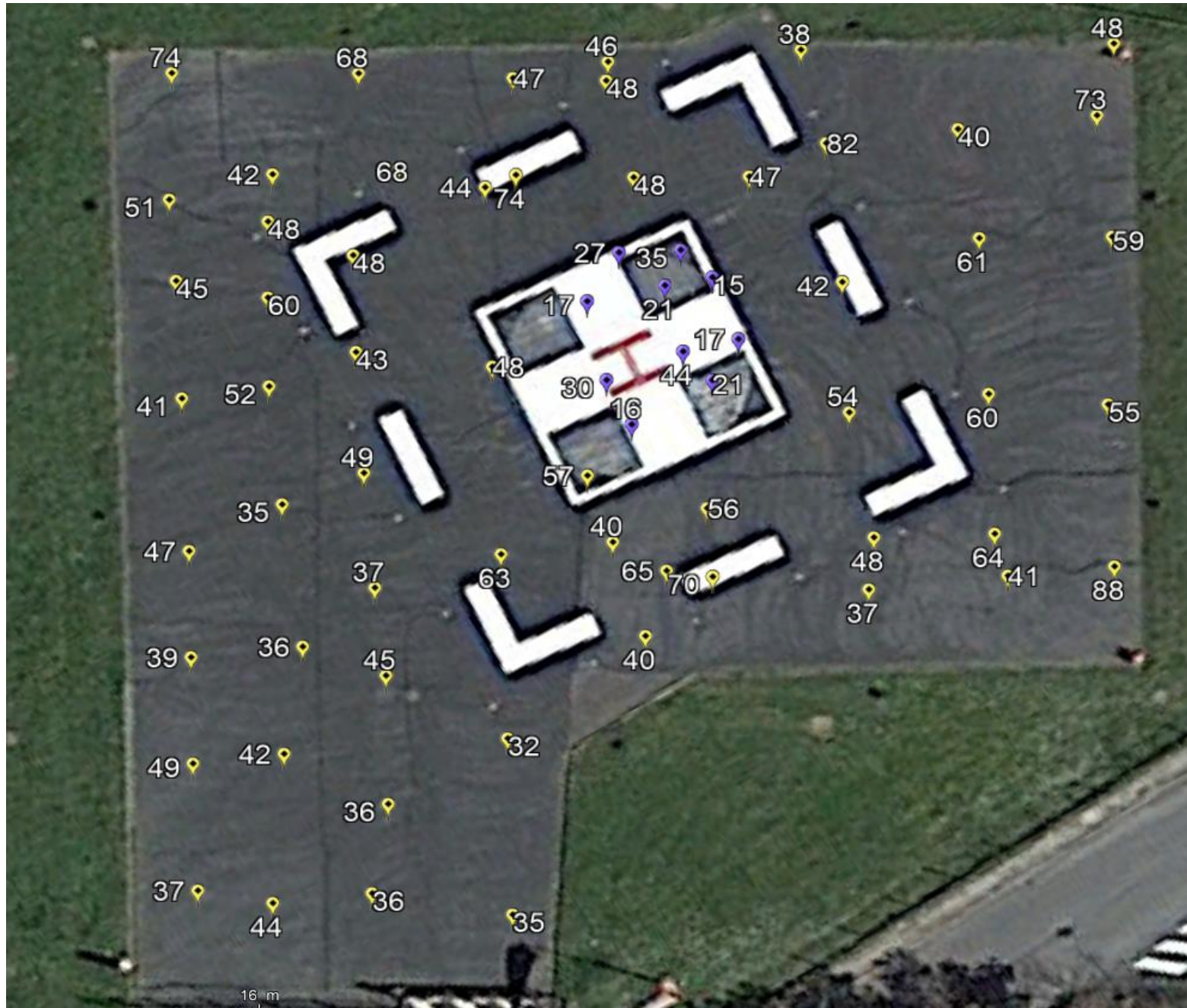
STRUCTURE - NIVEAU DES ESSAIS

Niveau des essais

Structure existante

LOCALISATION





RENSEIGNEMENTS DIVERS*(Situation climatique, compactage...)*

Ensoleillé

CONDITIONS DES ESSAIS

MATÉRIEL DE MESURE :

FWD 1500 PRIMAX

VAL. DE LA CHARGE ROULANTE :

130 kN à l'essieu (13 t)

T°C DE SURFACE CHAUSSEE :

16 °C

TRAFFIC ESTIMÉ :

NATURE DU CHANTIER :

LOCALISATION DES ESSAIS :

Sur enrobés**MESURES**

		BANDES DE ROULEMENT			Déflexions 1/100 de mm	Observations
N° MESURE	PROFILS	GAUCHE	AXE	DROITE		
1			35		35	
2			32		32	
3			63		63	
4			48		48	
5			44		44	
6			46		46	
7			38		38	
8			82		82	
9			42		42	
10			54		54	
11			48		48	
12			65		65	
13			37		37	
14			41		41	
15			88		88	
16			55		55	
17			59		59	
18			73		73	
19			48		48	
20			64		64	
21			60		60	
22			61		61	
23			40		40	
24			74		74	
25			68		68	

RENSEIGNEMENTS DIVERS*(Situation climatique, compactage...)*

Ensoleillé

CONDITIONS DES ESSAIS

MATERIEL DE MESURE :

FWD 1500 PRIMAX

VAL. DE LA CHARGE ROULANTE :

130 kN à l'essieu (13 t)

T°C DE SURFACE CHAUSSEE :

16 °C

TRAFFIC ESTIME :

NATURE DU CHANTIER :

LOCALISATION DES ESSAIS :

Sur enrobés**MESURES**

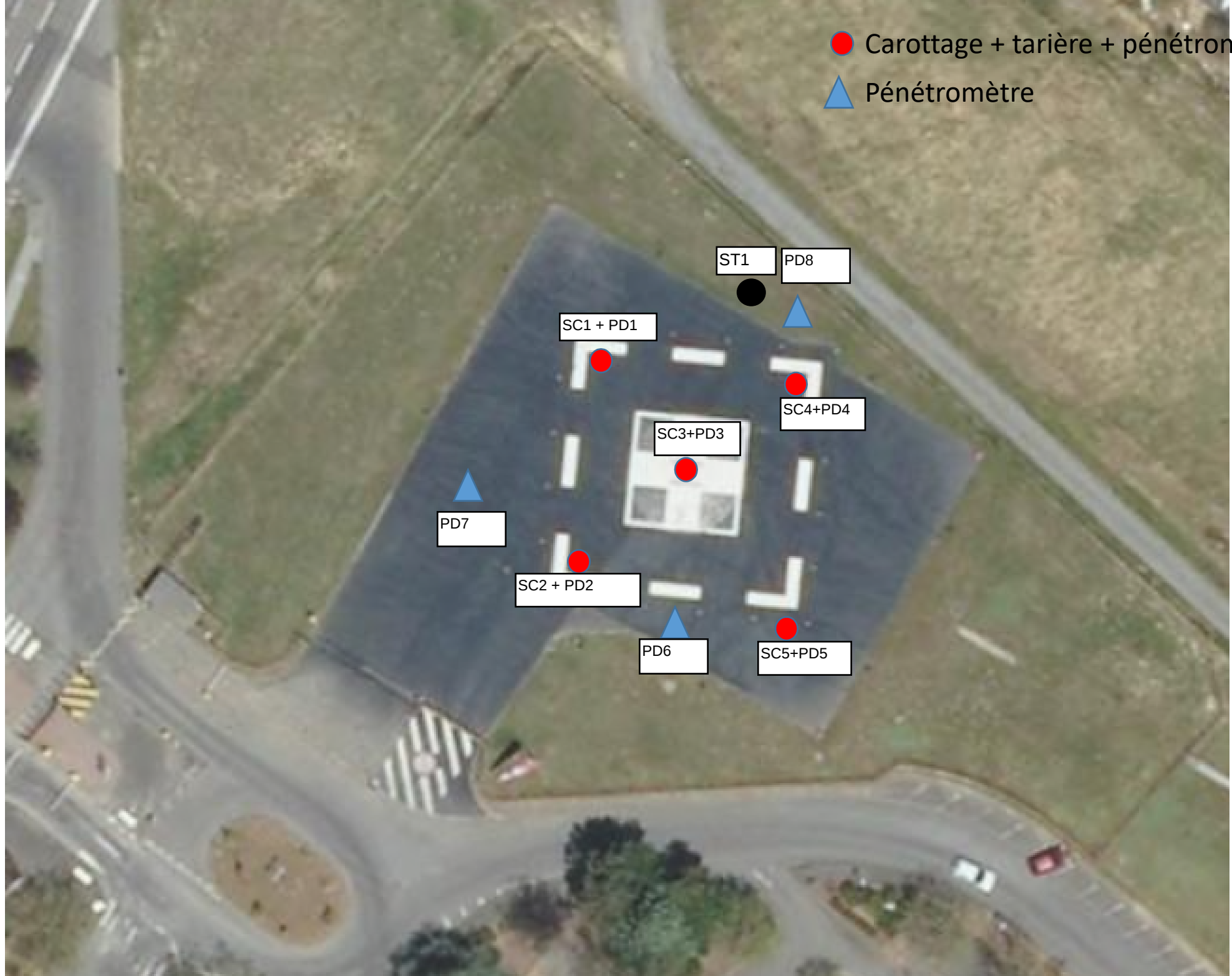
		BANDES DE ROULEMENT			Déflexions 1/100 de mm	Observations
N° MESURE	PROFILS	GAUCHE	AXE	DROITE		
26			47		47	
27			48		48	
28			42		42	
29			68		68	
30			74		74	
31			48		48	
32			47		47	
33			70		70	
34			56		56	
35			40		40	
36			40		40	
37			57		57	
38			36		36	
39			36		36	
40			45		45	
41			37		37	
42			49		49	
43			43		43	
44			48		48	
45			44		44	
46			42		42	
47			36		36	
48			35		35	
49			52		52	
50			60		60	

Le Responsable,
COMMENGE J.

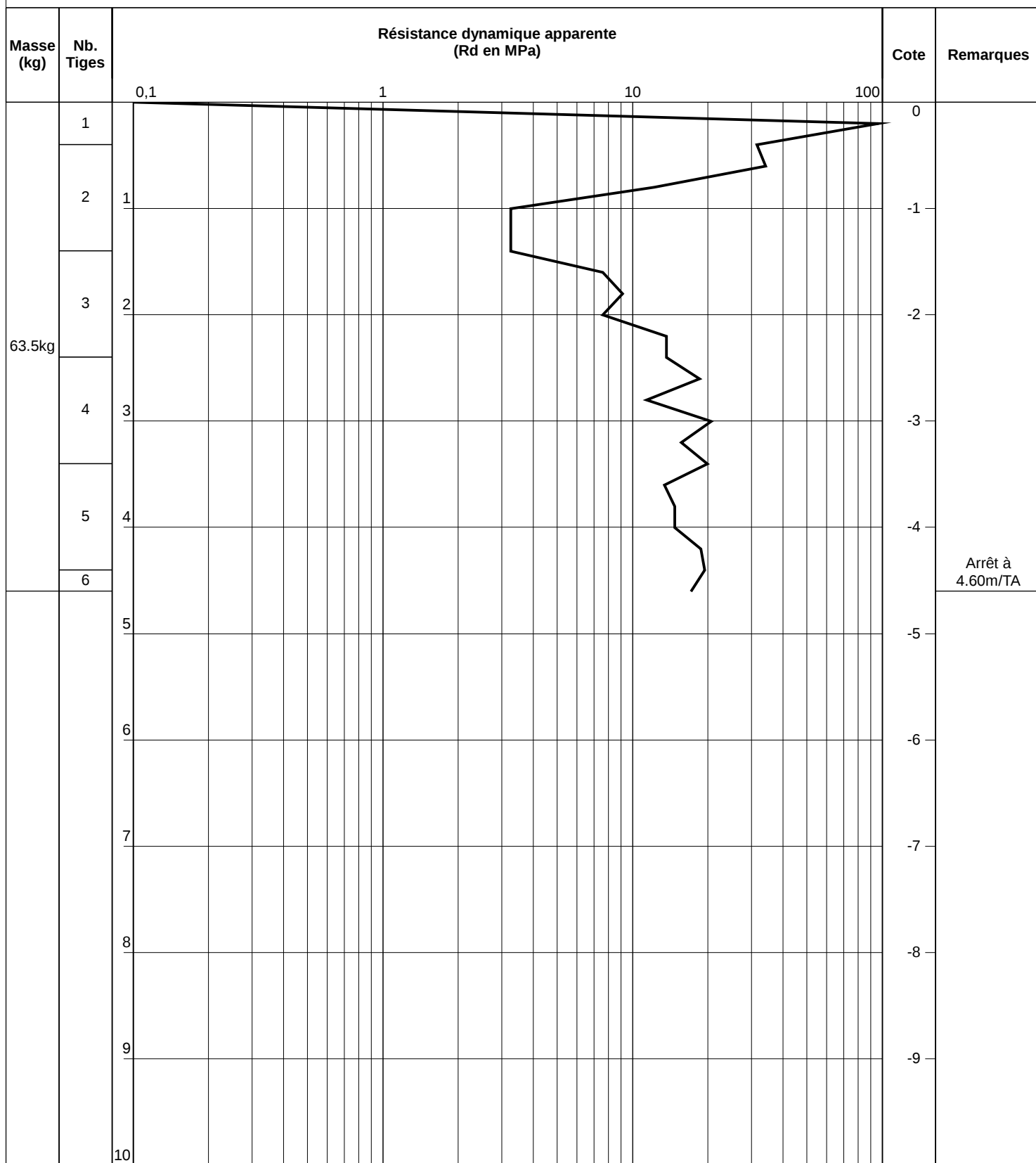
COMMENTAIRES		VISAS	
	Le Technicien, RUIZ N. 	Le Responsable, COMMENGE J. 	

● Carottage + tarière + pénétromètre

▲ Pénétromètre



Affaire : 20/00264/T

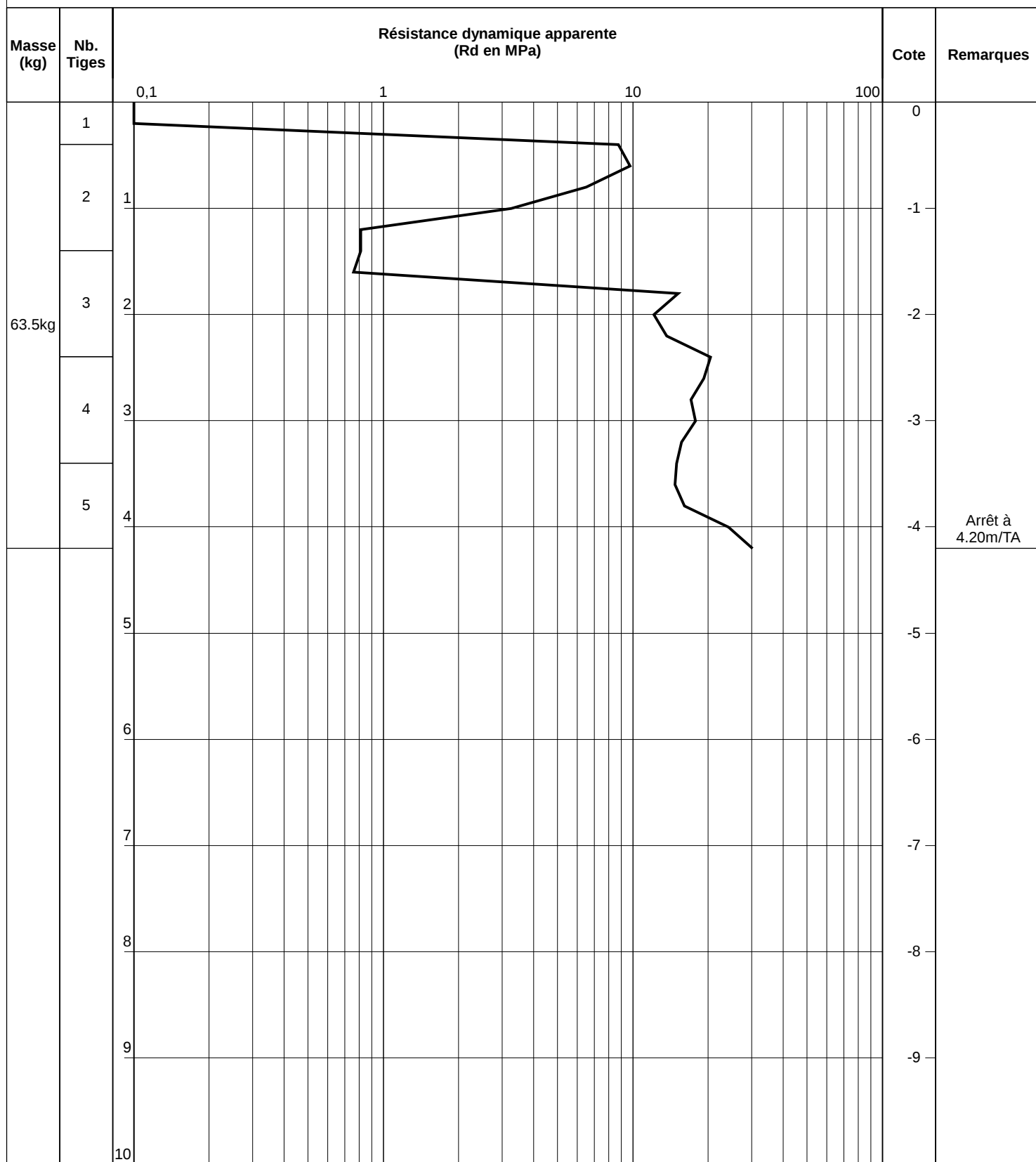


Caractéristiques du pénétrromètre dynamique PDB

EXGTE 3.23

Masse mouton : 63.5 kg
Hauteur de chute : 75 cm
Section de la pointe : 20.428 cm²
Observations :

Masse enclume : 12.37 kg
Masse de la pointe : 1.05 kg
Masse d'une tige : 6.31 kg



Caractéristiques du pénétrromètre dynamique PDB

EXGTE 3.23

Masse mouton : 63.5 kg

Hauteur de chute : 75 cm

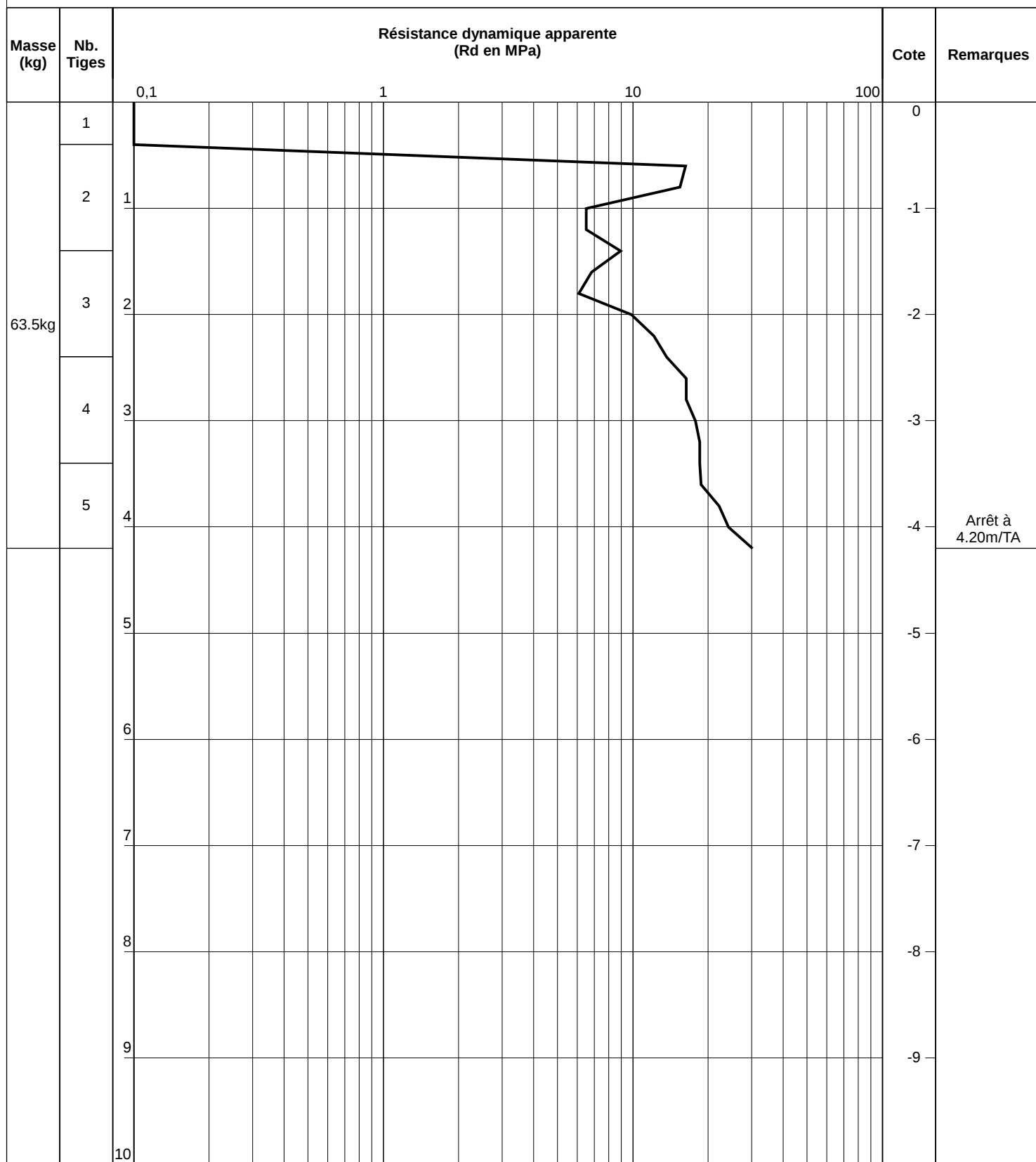
Section de la pointe : 20.428 cm²

Observations :

Masse enclume : 12.37 kg

Masse de la pointe : 1.05 kg

Masse d'une tige : 6.31 kg



Caractéristiques du pénétrromètre dynamique PDB

EXGTE 3.23

Masse mouton : 63.5 kg

Hauteur de chute : 75 cm

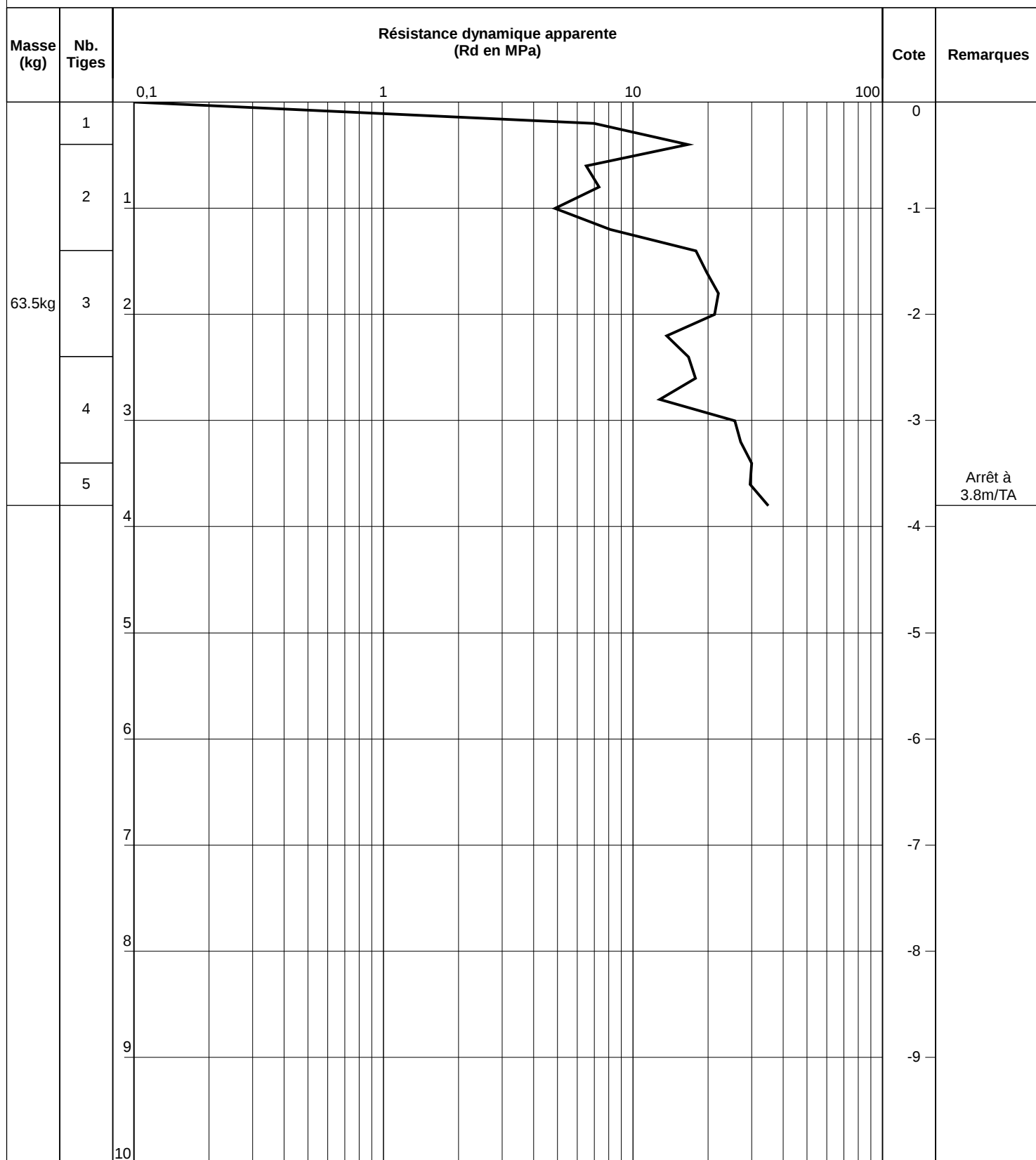
Section de la pointe : 20.428 cm²

Observations :

Masse enclume : 12.37 kg

Masse de la pointe : 1.05 kg

Masse d'une tige : 6.31 kg



Caractéristiques du pénétrromètre dynamique PDB

EXGTE 3.23

Masse mouton : 63.5 kg

Hauteur de chute : 75 cm

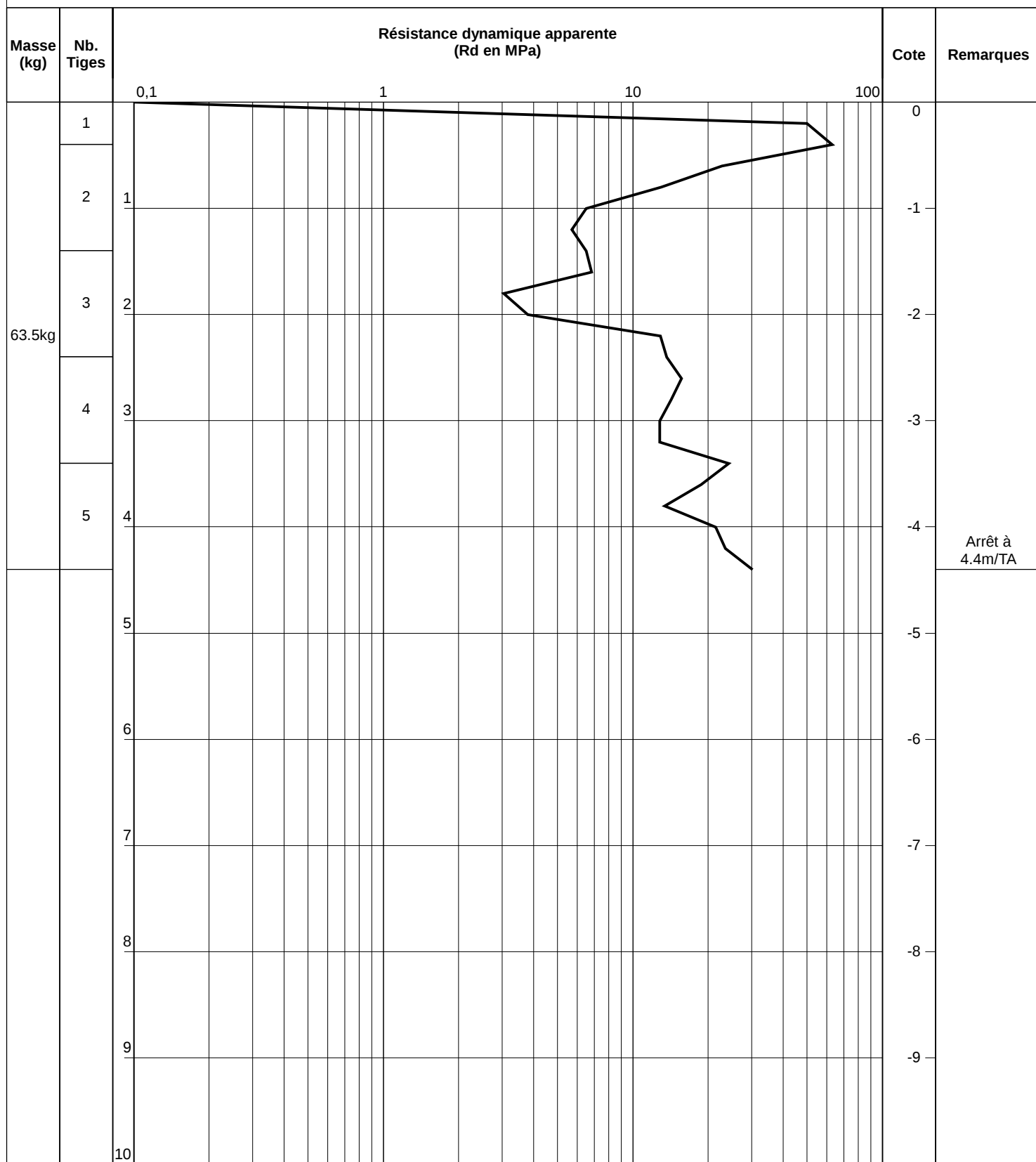
Section de la pointe : 20.428 cm²

Observations :

Masse enclume : 12.37 kg

Masse de la pointe : 1.05 kg

Masse d'une tige : 6.31 kg



Caractéristiques du pénétrromètre dynamique PDB

EXGTE 3.23

Masse mouton : 63.5 kg

Masse enclume : 12.37 kg

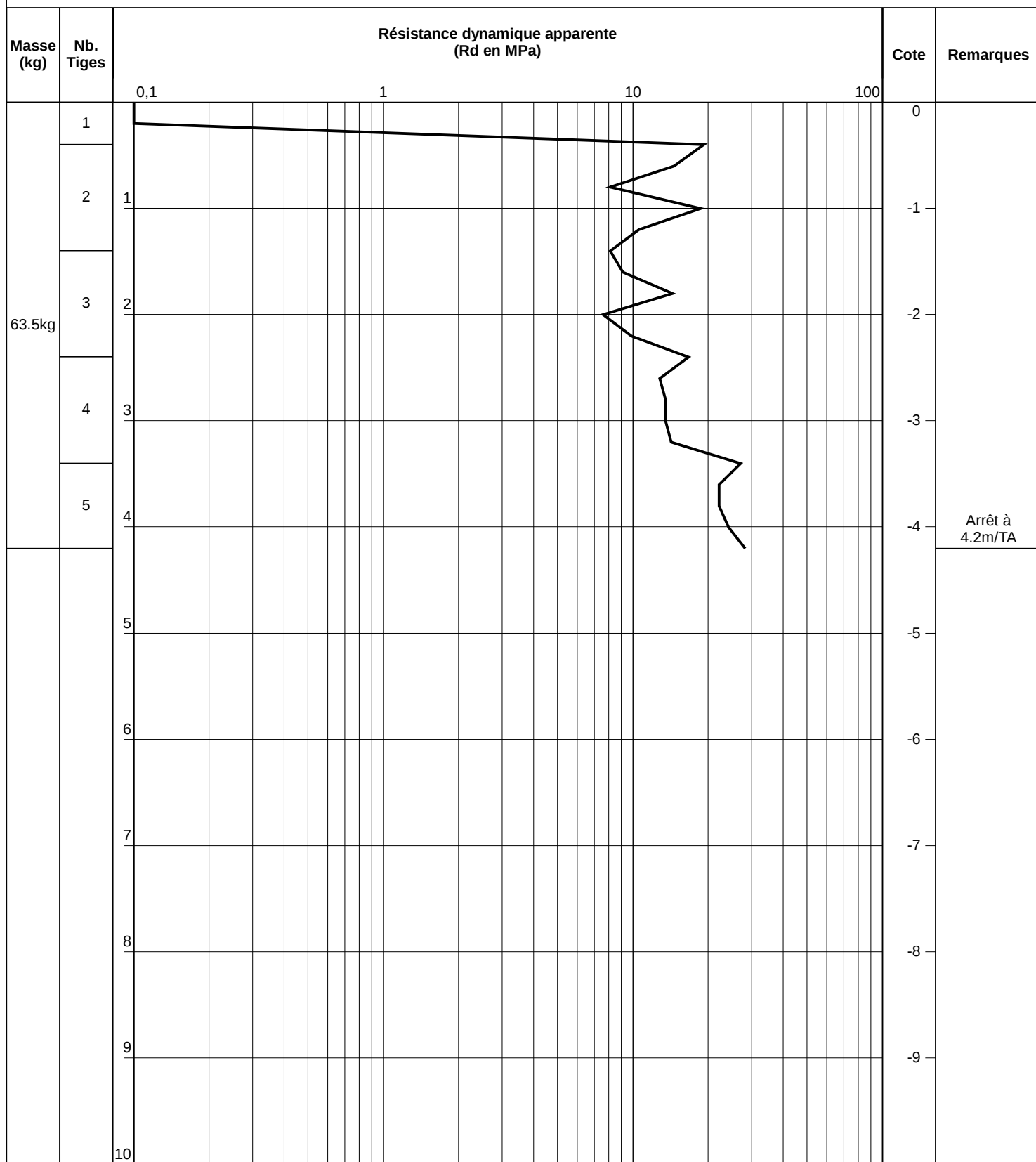
Hauteur de chute : 75 cm

Masse de la pointe : 1.05 kg

Section de la pointe : 20.428 cm²

Masse d'une tige : 6.31 kg

Observations :



Caractéristiques du pénétrromètre dynamique PDB

EXGTE 3.23

Masse mouton : 63.5 kg

Hauteur de chute : 75 cm

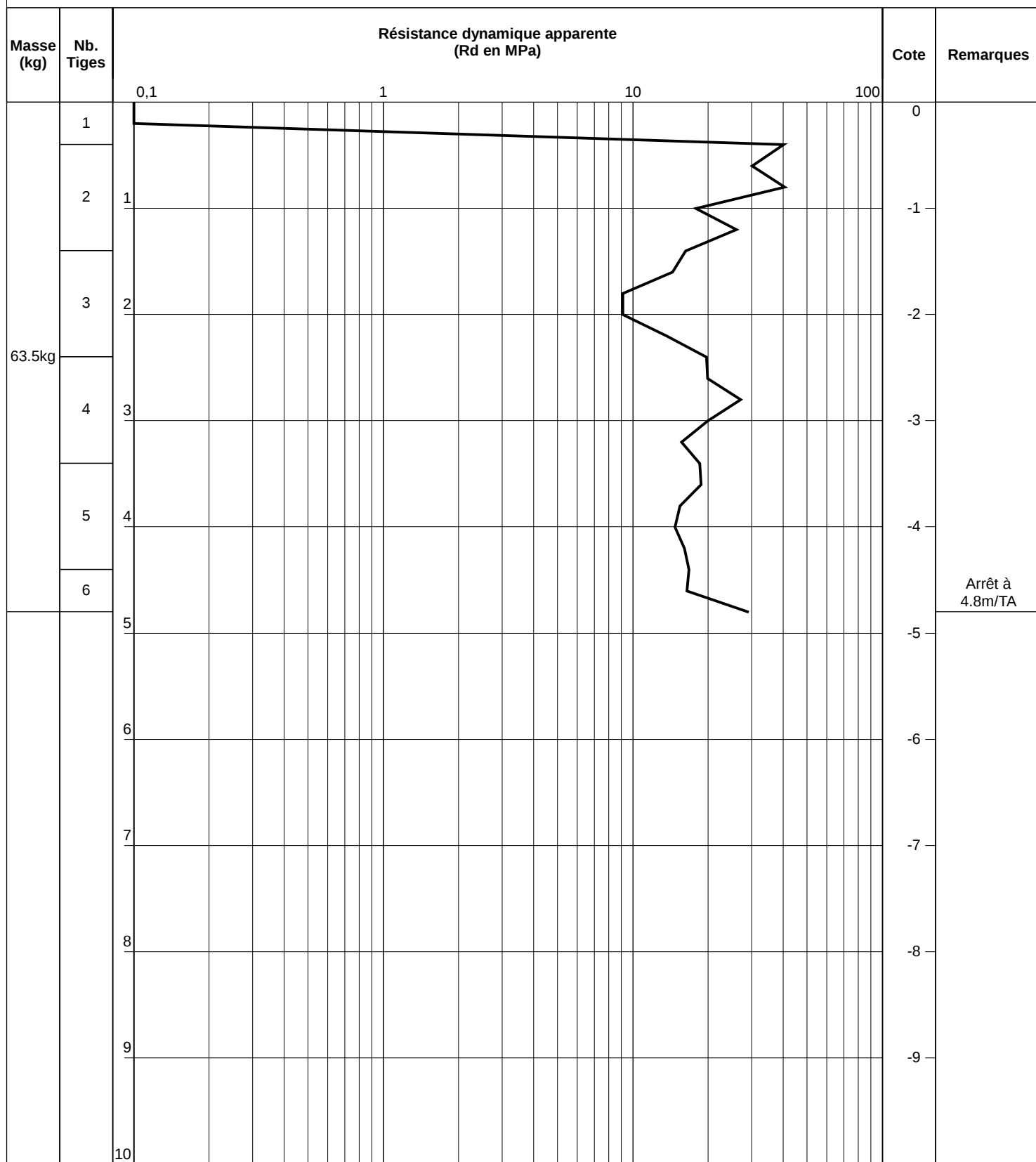
Section de la pointe : 20.428 cm²

Observations :

Masse enclume : 12.37 kg

Masse de la pointe : 1.05 kg

Masse d'une tige : 6.31 kg



Caractéristiques du pénétrromètre dynamique PDB

EXGTE 3.23

Masse mouton : 63.5 kg

Masse enclume : 12.37 kg

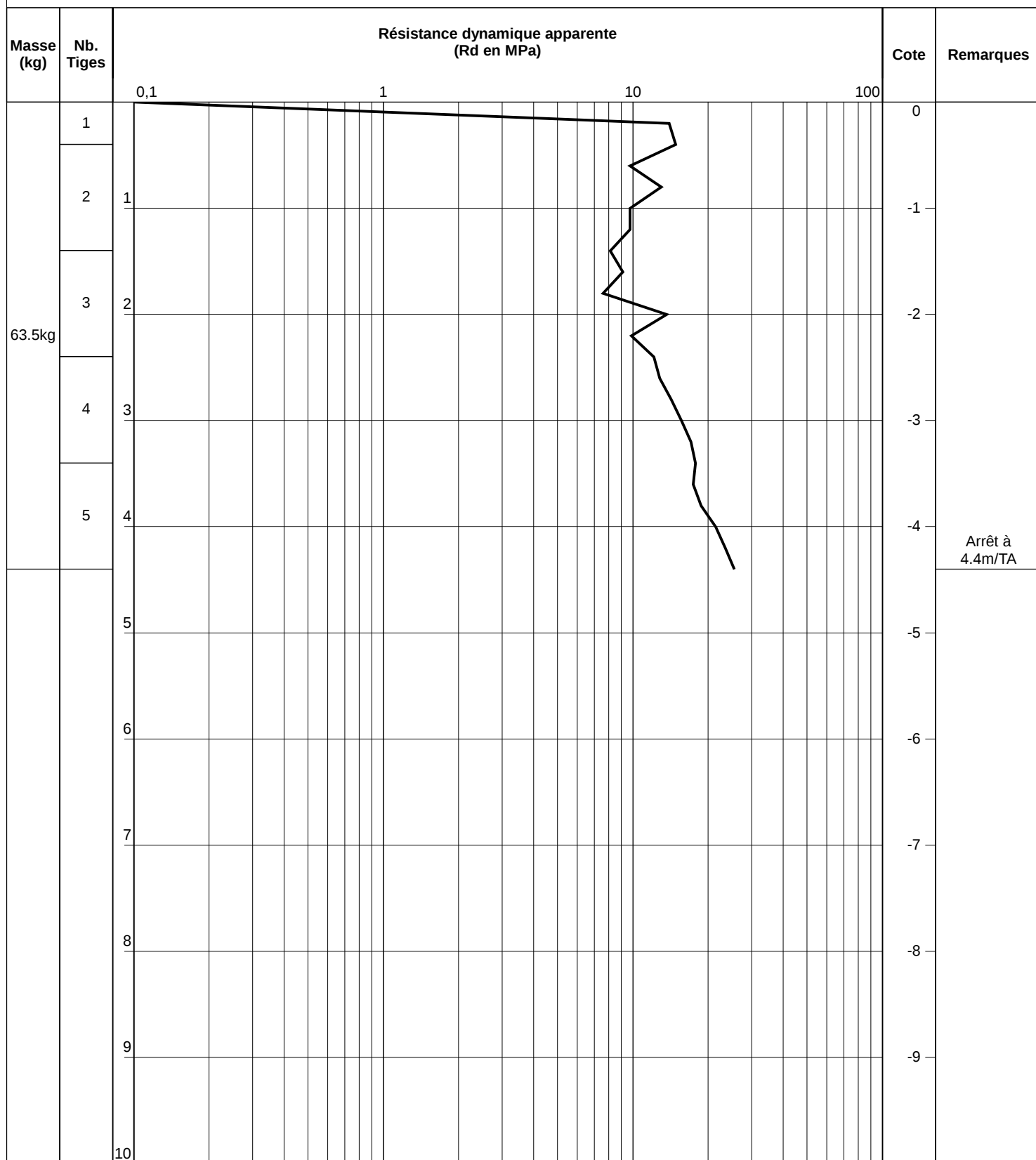
Hauteur de chute : 75 cm

Masse de la pointe : 1.05 kg

Section de la pointe : 20.428 cm²

Masse d'une tige : 6.31 kg

Observations :



Caractéristiques du pénétrromètre dynamique PDB

EXGTE 3.23

Masse mouton : 63.5 kg

Hauteur de chute : 75 cm

Section de la pointe : 20.428 cm²

Observations :

Masse enclume : 12.37 kg

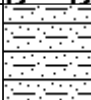
Masse de la pointe : 1.05 kg

Masse d'une tige : 6.31 kg

Cote	Prof.	Coupe indicative des terrains		Eau	Outil	Ech
0,00	0,00				TAR 63	
-0,15	0,15		matériaux hydrocarbonés			
		R R R	graves argilo-sableuses			
-0,60	0,60					
		O O O	Argile graveleuse verdâtre			
-1,50	1,50					

Observations :

EXGTE 3.23

Cote	Prof.	Coupe indicative des terrains		Eau	Outil	Ech
0,00	0,00					
-0,16	0,16		matériaux hydrocarbonés		TAR 63	
			graves argilo-sableuses			
-0,70	0,70					
			Argile sableuse gris verdâtre			
-1,50	1,50					

Observations :

EXGTE 3.23

Cote	Prof.	Coupe indicative des terrains		Eau	Outil	Ech
0,00	0,00					
-0,12	0,12		Matériaux hydrocarbonés		TAR 63	
			graves argilo-sableuses			
-0,60	0,60					
			Argile marron beige verdâtre avec cailloux			
-1,50	1,50					

Observations :

EXGTE 3.23

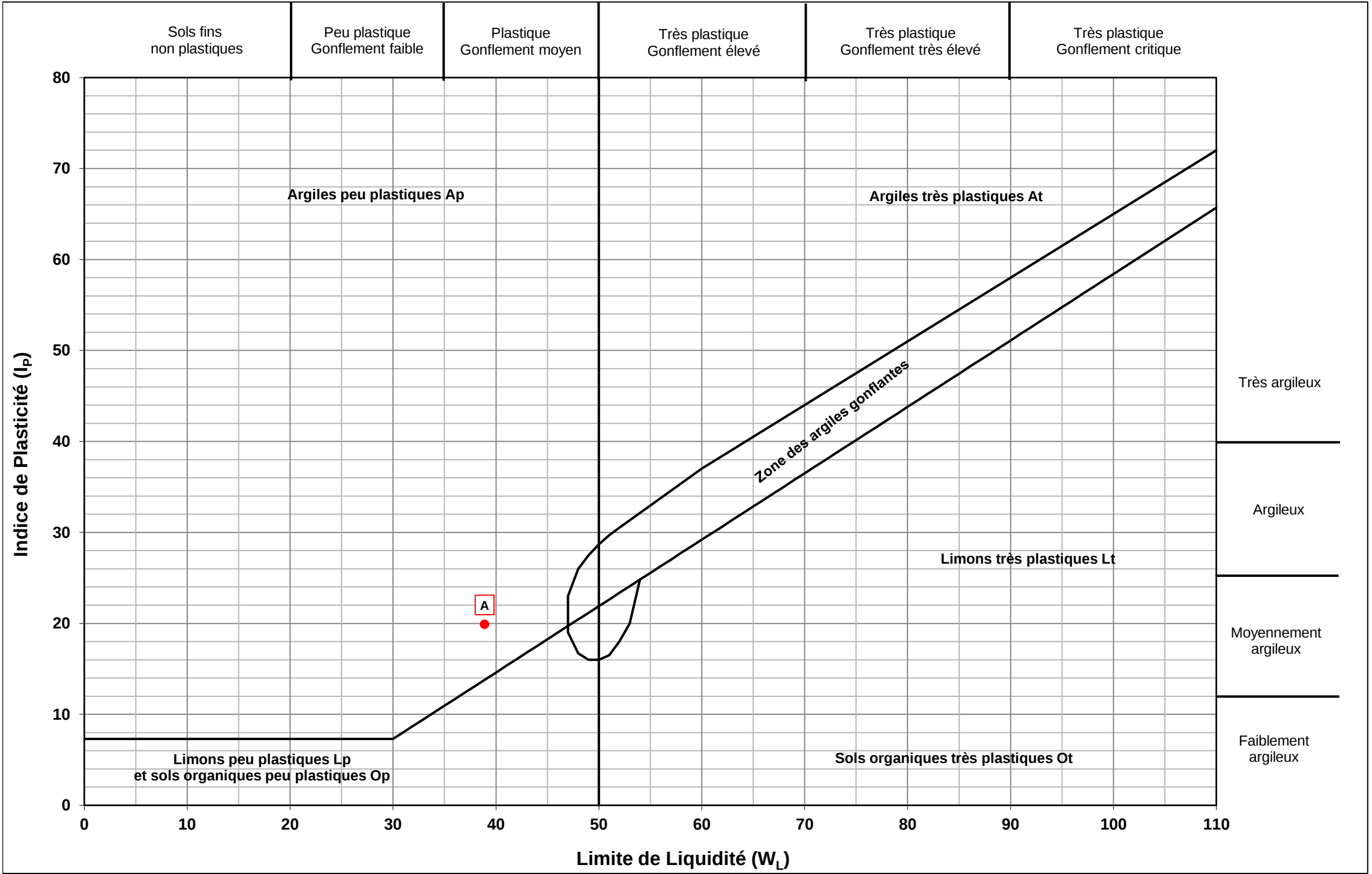
Cote	Prof.	Coupe indicative des terrains		Eau	Outil	Ech
0,00	0,00					
-0,15	0,15		Matériaux hydrocarbonés		TAR 63	
			graves argilo-sableuses			
-0,80	0,80					
			Argile marron verdâtre à cailloutis			
-1,50	1,50					

Observations :

EXGTE 3.23

			OULAB-02-v2 - Tableau Récapitulatif des Résultats d'Essais Laboratoire					
AFFAIRE		2000264		Opérateur		FC		
SITE		TOULOUSE		Vérificateur		AK		
Date		2022-07-11						
Sondage		SC1						
Profondeur		0.70-1.50 m						
Description		Argile marron						
ESSAIS D'IDENTIFICATION ET DE CLASSIFICATION DES SOLS								
Teneur en eau naturelle (0/D)	Wnat	(%)	16,3					
Masse volumique humide	ph	(g/cm³)						
Masse volumique sèche	pd	(g/cm³)						
Indice des vides	e							
Degré de saturation	Sr	(%)						
Granulométrie par tamisage - Sédimentométrie								
Diamètre maximal	Dmax	(mm)	2,0					
Passant à 50 mm	< 50 mm	(%)	100,0					
Passant à 2 mm	< 2 mm	(%)	100,0					
Passant à 80 µm	< 80 µm	(%)	75,4					
Passant à 2 µm	< 2 µm	(%)	-					
Valeur au Bleu de Méthylène								
Valeur au Bleu de Méthylène	V.B.S	(g/100g)						
Limites d'Atterberg								
Limite de liquidité	W _L	(%)	38,9					
Limite de plasticité	W _P	(%)	19,0					
Indice de plasticité	I _P		19,9					
Indice de consistance	I _C		1,09					
Equivalent de sable								
Equivalent de sable	SE(10)	(%)						
CLASSIFICATION (G.T.R 92 et NF P 11-300)			A2 m					
ANALYSES CHIMIQUES								
Teneur en matières organiques	MO	(%)						
Teneur en carbonates	CaCO ₃	(%)						
ESSAIS DE COMPACTAGE ET DE PORTANCE								
Teneur en eau à l'OPN	Wopn	(%)						
Densité sèche à l'OPN	pd (Wopn)	(g/cm³)						
Indice Portant Immédiat à l'OPN	IPI (Wopn)							
Indice Portant Immédiat à Wnat	IPI (Wnat)							
Indice CBR Immédiat à Wnat	ICBR (Wnat)							
ESSAIS DE PERMEABILITE								
Coefficient de perméabilité	k	(m/s)						
ESSAIS TRIAXIAUX								
Type UU	Cohésion	C _{uu}	(kPa)					
	Angle de frottement	Φ _{uu}	(°)					
Type CU+	Cohésion	C'	(kPa)					
	Angle de frottement	Φ'	(°)					
CISAILLEMENT RECTILIGNE DIRECT A LA BOITE								
Type UU	Cohésion	C _{uu}	(kPa)					
	Angle de frottement	Φ _{uu}	(°)					
Type CD	Cohésion	C'	(kPa)					
	Angle de frottement	Φ'	(°)					
COMPRESSIBILITE A L'OEDOMETRE								
Contrainte de préconsolidation	σ'p	(kPa)						
Indice de compression	Cc							
Indice de gonflement	Cs							
GONFLEMENT A L'OEDOMETRE								
Pression de gonflement	σ'g	(kPa)						
Rapport de gonflement	Rg							
RETRAIT LINEAIRE								
Limite de retrait effectif	W _{Re}	(%)						
Facteur de retrait effectif	R _I							
ESSAIS SUR LES ROCHES ET GRANULATS								
Essai Los Angeles	LA							
Essai Micro-Deval	MDE							
Coefficient de dégradabilité	DG							
Coefficient de fragmentabilité	FR							
Résist. à la compression uniaxiale	σc	MPa						
Module de Young	E	MPa						
Coefficient de Poisson	ν							
Résistance à la traction indirecte	σtb	MPa						

AFFAIRE	2000264		
SITE	TOULOUSE		
Date	13/07/2022		
Opérateur	MK		

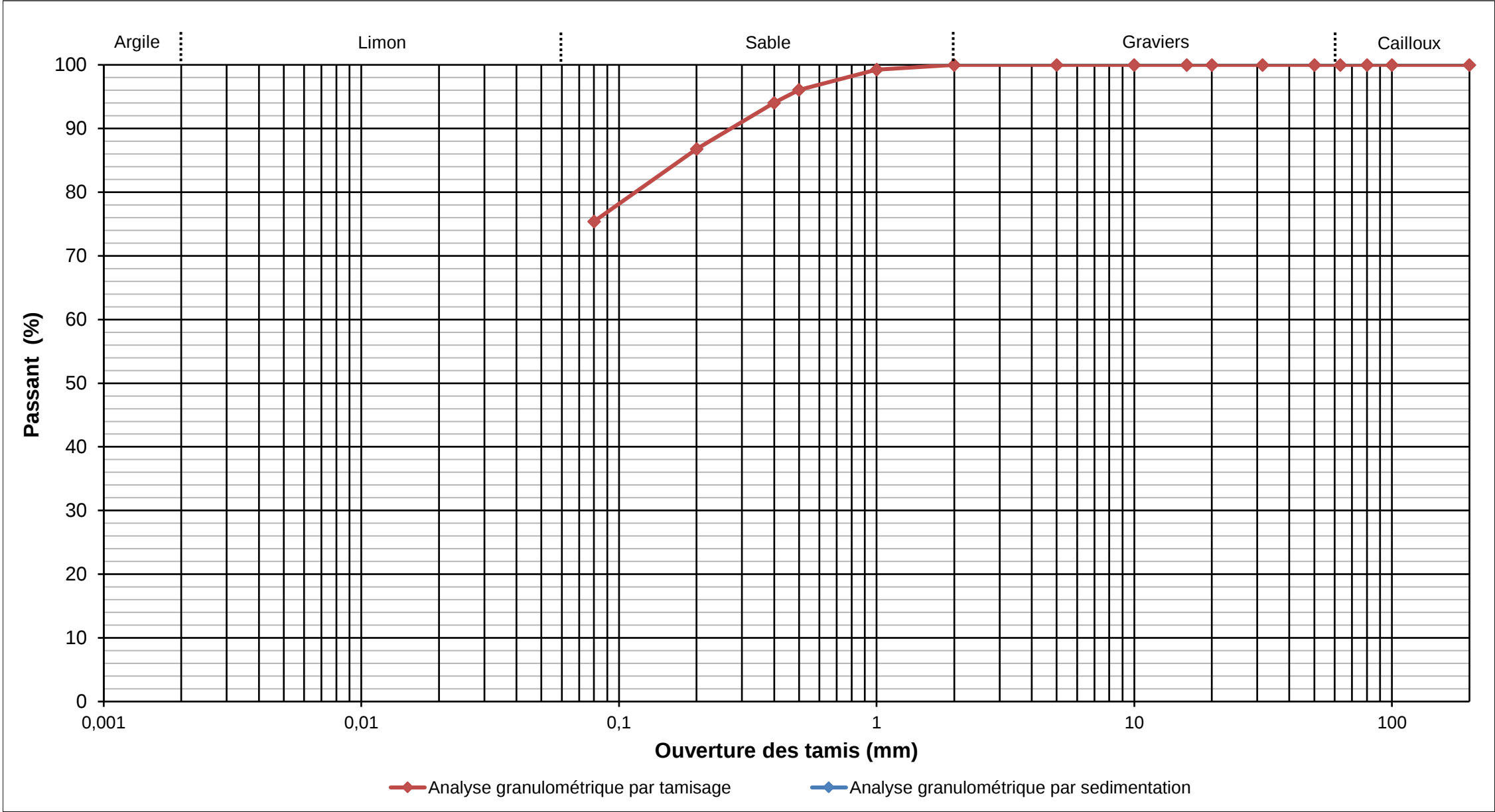


LEGENDE								
Point	Sondage/Profondeur	WL	Ip		Point	Sondage/Profondeur	WL	Ip
A	SC1 0,370-1,50m	38,9	19,9		E			
B					F			
C					G			
D					H			

AFFAIRE	2000264		W% sur 0/D (NF P 94-050) 16,3	
SITE	TOULOUSE			W% sur 0/20 (NF P 94-050) -
Date	2022-06-14			Dmax (mm) 2,0
Opérateur	FC			Passants (en %) 50 mm 100,0 2 mm 100,0 80 µm 75,4 2 µm -
T°C de séchage	105°C		VBS (NF P 94-068) -	
Sédimentométrie	NON			
Sondage	SC1			
Profondeur	0,70 - 1,50 m			
Description	Argile marron			

Ø tamis (mm)	200	100	80	63	50	31,5	20	16	10	5	2	1	0,5	0,4	0,2	0,08
Passant (%)	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,3	96,1	94,0	86,8	75,4

Ø tamis (µm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Passant (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



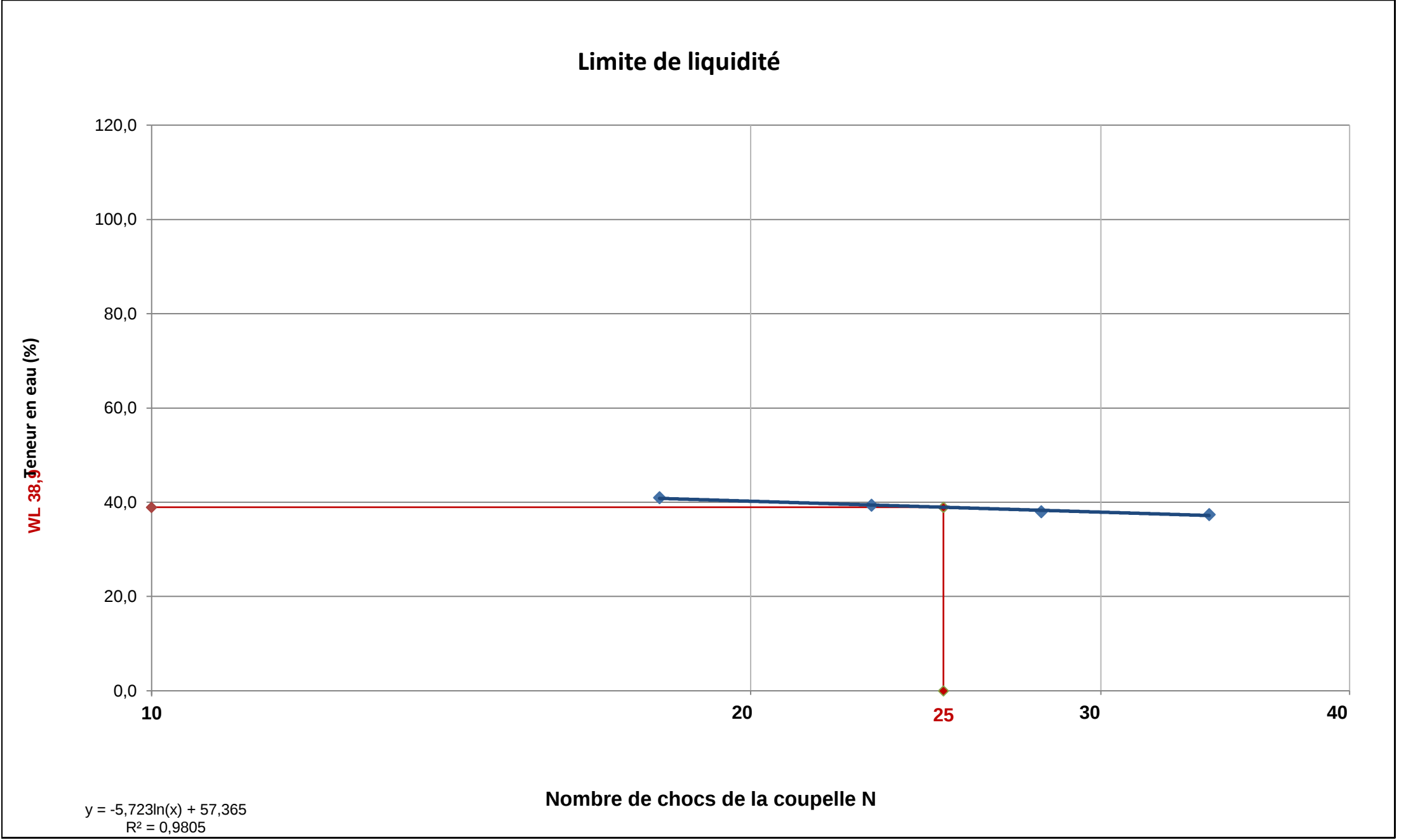
Densimètre	H ₀ (cm) =	-	H ₁ (cm) =	-	h ₁ (cm) =	-	V _d (cm ³) =	-
Facteurs correcteurs	C _m =	-	C _d =	-	Eprouvette : A (cm ²) =	-		
Masse volumique des grains estimée (g/cm ³)			-					

Temps de lecture (min)	R	T°C	Ct	D (%)	D (µm)
0,5	-	-	-	-	-
1	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-
40	-	-	-	-	-
80	-	-	-	-	-
240	-	-	-	-	-
1440	-	-	-	-	-

Observations	
--------------	--

AFFAIRE	2000264		
SITE	TOULOUSE		
Date	2022-06-14		
Opérateur	MK		
T°C de séchage	105°C		
Sondage	SC1		
Profondeur	0,70 - 1,50 m		
Description	Argile marron		

Mesures N°	1	2	3	4
Nombre de coups N	18	23	28	34
Teneur en eau (%)	40,9	39,4	38,0	37,4



Limite de plasticité	W1 (%)	19,9	Moyenne (%)	19,0
	W2 (%)	18,1		

Teneur en eau sur 0/D (NF P 94-050)	W (%)	16,3
Teneur en eau sur 0/400µm (NF P 94-050)	W (%)	17,3
Limite de liquidité	W _L (%)	38,9
Limite de plasticité	W _P (%)	19,0
Indice de plasticité	I _P	19,9
Indice de consistance	I _C	1,09

Observations	Le calcul de la valeur I _c est applicable si une granulométrie a été réalisée et révèle plus de 80% de passant à 400µm, sinon elle n'est pas valable et l'état hydrique ne peut pas être estimé.
--------------	---

ANNEXE 4 – COUPES DES SONDAGES REALISES A LA PELLE MECANIQUE – GINGER 2025



CEBTP

Extension et réfection de l'hélistation de Rangeuil

STL5.P0092.0001

Client: CHU TOULOUSE

PM01

Longitude	Latitude	Système de coordonnées			Précision des relevés
1,4485	43,5611	WGS 84			Non renseigné
Élévation	Prof. atteinte	Angle	Azimut	Nivellement	Précision des nivellements
Non renseigné	Non renseigné	-	-	Non renseigné	Non renseigné

Début	Fin	Machine	Opérateur
13/10/2025	13/10/2025	-	MLC

Prof.	Lithologie	Descriptions	Echantillons
0		Terre végétale limono-graveleuse, Dmax = 20 mm, Marron	
	0,3 m		0,3 m
		Remblais graveleux blanc, Dmax = 200 mm	
	0,5 m		0,5 m
1		Remblais limono-graveleux blanc / Marron, Dmax = 500 mm, présence de béton + ferraille	
	1,9 m		1,9 m

soilcloud.tech

Sondage

PM01

Élévation

-0,0 m

Prof. atteinte

Non renseigné

RAPPORT PHOTOGRAPHIQUE

0,0 m



0,0 m





CEBTP

Extension et réfection de l'hélistation de Rangeuil
STL5.P0092.0001

Client: CHU TOULOUSE

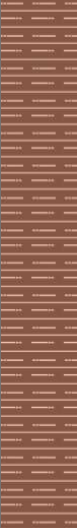
PM02

Longitude	Latitude	Système de coordonnées			Précision des relevés
1,4490	43,5612	WGS 84			Non renseigné
Élévation	Prof. atteinte	Angle	Azimut	Nivellement	Précision des nivellements
Non renseigné	Non renseigné	-	-	Non renseigné	Non renseigné

Début	Fin	Machine	Opérateur
13/10/2025	13/10/2025	—	MLC

Prof.	Lithologie	Descriptions	Echantillons
0		Terre végétale limono-graveleuse 0,3 m	0,3 m
		Remblais argileux, Blanc 0,8 m	0,8 m
		Limon argileux, marron/beige 0,80 - 2,50m: Remblais sablo-limoneux (tranchée ?), gris/marron	2,5 m
1			
2			

soilcloud.tech

 CEBTP		Extension et réfection de l'hélistation de Rangeuil STL5.P0092.0001					Client: CHU TOULOUSE		
PM03	Longitude		Latitude		Système de coordonnées			Précision des relevés	
	1,4483		43,5613		WGS 84			Non renseigné	
	Élévation		Prof. atteinte		Angle	Azimut	Nivellement	Précision des nivellements	
	Non renseigné		Non renseigné		-	-	Non renseigné	Non renseigné	
Début			Fin			Machine		Opérateur	
13/10/2025			14/10/2025			—		MLC	
Prof.	Lithologie	Descriptions							Echantillons
0		Terre végétale limoneuse légèrement graveleuse, Dmax =20 mm, Marron							
		0,3 m							0,3 m
		Grave drainante (drain), D5/20 roulé, Gris / Marron							
		0,9 m							0,9 m
1		Limon légèrement argilo-sableux micacé, Marron, Ferme							
2		2,5 m							2,5 m
Commentaires Le drain a été observé jusqu'à 1.7 m de distance de la bordure									
soilcloud.tech									

Sondage	Élévation	Prof. atteinte
PM03	-0,0 m	Non renseigné

RAPPORT PHOTOGRAPHIQUE

0,0 m



0,0 m



		Extension et réfection de l'hélistation de Rangeuil						
		STL5.P0092.0001						
		Client: CHU TOULOUSE						
PM04	Longitude		Latitude		Système de coordonnées		Précision des relevés	
	1,4486		43,5615		WGS 84		Non renseigné	
	Élévation		Prof. atteinte		Angle		Azimut	
	Non renseigné		Non renseigné		-		-	
Début		Fin		Machine		Opérateur		
13/10/2025		14/10/2025		-		MLC		
Prof.	Lithologie	Descriptions						Echantillons
0		Terre végétale limono-graveleuse, Dmax = 20 mm						
		0,4 m						0,4 m
1		Limon, Marron tâche Rouge, Très Ferme						
		1,4 m						1,4 m
2		Limon argilo-sableux, Marron / beige avec tâche blanche, Ferme						
		2,5 m						2,5 m
soilcloud.tech								

Sondage	Élévation	Prof. atteinte
PM04	-0,0 m	Non renseigné

RAPPORT PHOTOGRAPHIQUE

0,0 m



0,0 m



ANNEXE 5 – DESCRIPTION DES ENROBES - GINGER 2025

Informations générales

N° dossier : **STL5.P.0092**

Client / MO : CHU TOULOUSE

Désignation : Réfection de l'hélistation du CHU de Rangueil

Localité : -

Demandeur / MOE : CHU TOULOUSE

Chargé d'affaire : P.PONS

Informations sur l'échantillon

25TLS-3266

Mode de prélèvement : Sondage Carotté

Sondage : SC06

Prélevé par : GINGER CEBTP

Profondeur : 14 cm

Date de prélèvement : nuit du 13 au 14/10/25

Diamètre carottage : 100 mm

Zone(s) concernée(s) : Hélistation du CHU de Rangueil

Photographie(s) du carottage



Nombres de couches

2

Epaisseur totale (cm)

14.0

Résultats des mesures, essais et descriptions

N° de couche	1	I	2	I	3	I	4	I	5
Epaisseur (cm)	6.0	Collées	8.0	I		I		I	
Nature (Fonction / Granularité)	EB 0/10		EB 0/10						
Couche affectée par la fissuration	-		-						
Aspect surface Aspect compactage	Lisse / Ouvert		Ouvert						
Présence d'amiante	Non détectée		Non détectée						
Quantité de H.A.P. (mg/kg)	< 0.5		< 0.5						
Remarque sur carotte									

Observations :

Chargée d'affaires

P.PONS

I = Interface entre les couches

Informations générales

N° dossier : **STL5.P.0092**

Client / MO : CHU TOULOUSE

Désignation : Réfection de l'hélistation du CHU de Rangueil

Localité : -

Demandeur / MOE : CHU TOULOUSE

Chargé d'affaire : P.PONS

Informations sur l'échantillon

25TLS-3267

Mode de prélèvement : Sondage Carotté

Sondage : SC07

Prélevé par : GINGER CEBTP

Profondeur : 14.5 cm

Date de prélèvement : nuit du 13 au 14/10/25

Diamètre carottage : 100 mm

Zone(s) concernée(s) : Hélistation du CHU de Rangueil

Photographie(s) du carottage



Nombres de couches

2

Epaisseur totale (cm)

14.5

Résultats des mesures, essais et descriptions

N° de couche	1	I	2	I	3	I	4	I	5
Epaisseur (cm)	5.5	Collées	9.5						
Nature (Fonction / Granularité)	EB 0/10		EB 0/10						
Couche affectée par la fissuration	-		-						
Aspect surface Aspect compactage	Lisse / Ouvert		Légèrement ouvert						
Présence d'amiante	Non détectée		Non détectée						
Quantité de H.A.P. (mg/kg)	< 0.5		< 0.5						
Remarque sur carotte									

Observations :

Chargée d'affaires

P.PONS

I = Interface entre les couches

Informations générales

N° dossier : **STL5.P.0092**

Client / MO : CHU TOULOUSE

Désignation : Réfection de l'hélistation du CHU de Rangueil

Localité : -

Demandeur / MOE : CHU TOULOUSE

Chargé d'affaire : P.PONS

Informations sur l'échantillon

25TLS-3268

Mode de prélèvement : Sondage Carotté

Sondage : SC08

Prélevé par : GINGER CEBTP

Profondeur : 15.5 cm

Date de prélèvement : nuit du 13 au 14/10/25

Diamètre carottage : 100 mm

Zone(s) concernée(s) : Hélistation du CHU de Rangueil

Photographie(s) du carottage



Nombres de
couches

2

Epaisseur totale
(cm)

15.5

Résultats des mesures, essais et descriptions

N° de couche	1	I	2	I	3	I	4	I	5
Epaisseur (cm)	6.0	Collées	9.5						
Nature (Fonction / Granularité)	EB 0/10		EB 0/10						
Couche affectée par la fissuration	-		-						
Aspect surface Aspect compactage	Lisse / légèrement ouvert		Ouvert						
Présence d'amiante	Non détectée		Non détectée						
Quantité de H.A.P. (mg/kg)	< 0.5		< 0.5						
Remarque sur carotte									

Observations :

Chargée d'affaires

P.PONS

I = Interface entre les couches

Informations générales

N° dossier : **STL5.P.0092**

Client / MO : CHU TOULOUSE

Désignation : Réfection de l'hélistation du CHU de Rangueil

Localité : -

Demandeur / MOE : CHU TOULOUSE

Chargé d'affaire : P.PONS

Informations sur l'échantillon

25TLS-3269

Mode de prélèvement : Sondage Carotté

Sondage : SC09

Prélevé par : GINGER CEBTP

Profondeur : 10.5 cm

Date de prélèvement : nuit du 13 au 14/10/25

Diamètre carottage : 100 mm

Zone(s) concernée(s) : Hélistation du CHU de Rangueil

Photographie(s) du carottage



Nombres de couches

2

Epaisseur totale (cm)

10.5

Résultats des mesures, essais et descriptions

N° de couche	1	I	2	I	3	I	4	I	5
Epaisseur (cm)	5.5	Collées	5.0						
Nature (Fonction / Granularité)	EB 0/10		EB 0/10						
Couche affectée par la fissuration	-		-						
Aspect surface Aspect compactage	Lisse / Légèrement ouvert		Fermé						
Présence d'amiante	Non détectée		Non détectée						
Quantité de H.A.P. (mg/kg)	< 0.5		< 0.5						
Remarque sur carotte									

Observations :

Chargée d'affaires

P.PONS

I = Interface entre les couches

ANNEXE 6 – ESSAIS DE PLAQUES – GINGER 2025

Agence de Toulouse
Service Contrôle et Essais
7, avenue Mercure
31 130 QUINT FONSEGRIVES
Tél. : 05.62.71.80.00 - Fax : 05.62.71.80.05
Email : cebtp.toulouse@groupeginger.com

RAPPORT D'ESSAIS N° 1

Edition du mercredi 5 novembre 2025

Page 1

Informations générales

Numéro Affaire : STL5.P.0092	Client : CHU Toulouse
Désignation Affaire : Réfection et extension de l'hélistation du CHU de Rangueil	
Lieu (Dpt) : Rangueil (31)	

Essais réalisés suivant les normes et mode opératoire

☒	MEI TLS-I027	Modules sous chargement statique à la plaque EV1-EV2 et rapport EV2/EV1	Page(s)	
☐	MEI TLS-I027	Coefficient de réaction WESTERGAARD sous chargement statique d'une plaque	Page(s)	2
☐	MEI TLS-I025	Essai sur voie pompier - Résistance au poinçonnement	Page(s)	

Echantillonnage

☒	La prestation a été réalisée selon le programme et le descriptif technique définis par le client.
☒	La prestation a été réalisée selon le programme et le descriptif technique proposés par GINGER CEBTP et validés par le client.

Type intervention

☐ Contrôle	☐ Réception	☐ Planche d'essai	☒ Diagnostic
-----------------------------------	------------------------------------	--	--

Spécifications données par le client

EV2 $\geq$	Aucun objectif de portance
EV2 / EV1 $\leq$	
Kw $\geq$	

Observations

Implantation des essais

Une implantation schématique des essais est donnée.	En annexe 1
---	-------------

Le Technicien chargé des essais
Maxime Le Canu

La Responsable du Service
Myriam ZEKRI

Document Qualité TLS-E050 v10

Le présent rapport d'essai comporte trois pages. Il ne concerne que les objets soumis aux essais.
Sauf autorisation préalable, il n'est utilisable à des fins commerciales ou publicitaires qu'en reproduction intégrale.

PORTANCES DES PLATES-FORMES
Modules sous chargement statique EV1, EV2 et rapport EV2/EV1

GINGER CEBTP TOULOUSE
7 avenue Mercure
31130 QUINT FONSEGRIVES

Informations générales

Numéro Affaire : STL5.P.0092	Client : CHU Toulouse
Désignation Affaire : Réfection et extension de l'hélistation du CHU de Rangueil	
Lieu (Dpt) : Rangueil (31)	

Informations sur la couche contrôlée
Informations sur les essais

Fonction : Arase	Essai(s) réalisé(s) le : lundi 13 octobre 2025
Epaisseur : -	Essai(s) réalisé(s) par : MLC
Matériau / Dmax (mm) : Argile limoneuse	Météo : Nuit
Traitement : non	Age du traitement : -

Mesures de la portance

Essai N°	Localisation (Sens / PK / Profil / Voie de circulation / etc ...)	EV1	EV2	EV2	EV2 en MPa					
		MPa	MPa	EV1	0	20	40	60	80	100
1	PM2 / - 0.3 m - cf. plan d'implantation	12.5	28.1	2.25						
2	PM3 / - 0.3 m - cf. plan d'implantation	15.3	36.0	2.35						
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										

Modèle compacteur : -

Classe de compactage : -

Distance entre la plaque et le premier point d'appui = - m

Nombre de passes : -

Observations

Rapport de compactage EV2/EV1 est donné à titre d'information

ANNEXE 7 – ESSAIS DE LABORATOIRE SUR LES SOLS – GINGER 2025

Informations générales

N° dossier : **STL5.P0092.0001**

Client / MO : **CHU DE TOULOUSE HOTEL-DIEU**

Désignation : **RÉFECTION DE L'HÉLISTATION DE L'HÔPITAL DE RANGUEIL**

Localité : **TOULOUSE**

Demandeur / MOE : **CHU DE TOULOUSE HOTEL-DIEU**

Chargé d'affaire : **PERRINE PONS**

Informations sur l'échantillon **N° 25TLS-3259**

Mode de prélèvement : **Sondage à la Pelle Mécanique**

Sondage : **PM02-1**

Prélevé par : **GINGER CEBTP**

Profondeur : **0.30/0.80 m**

Date prélèvement : **13/10/25**

Mode de conservation : **Ech. prélevé en sac**

Date de livraison : **14/10/25**

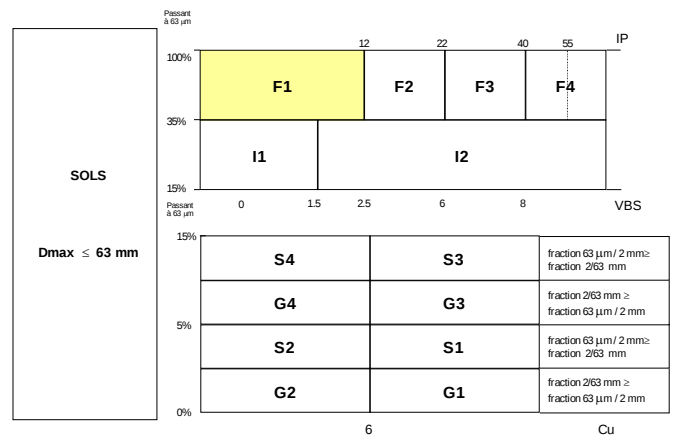
Description : **Limon sablo-argileux à sable limono-argileux beige clair (Réaction HCl positive)**

Paramètres de nature

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Dmax / Lmax	Granulométrie selon NF EN ISO 17892-4	8 / 8	mm
Passant à 63 mm	Granulométrie selon NF EN ISO 17892-4	100.0	%
Passant à 2 mm (fraction 0/63 mm)	Granulométrie selon NF EN ISO 17892-4	99.6	%
Passant à 80 µm (fraction 0/50 mm)	Granulométrie selon NF EN ISO 17892-4	67.8	%
Passant à 63 µm (fraction 0/63 mm)	Granulométrie selon NF EN ISO 17892-4	62.6	%
Passant à 2 µm	ME selon NF P 94-057		%
Limite de liquidité - WL	NF EN ISO 17892-12		%
Limite de plasticité - WP	NF EN ISO 17892-12		%
Indice de plasticité - IP	WL - WP		
VBS	NF EN 17542-3	2.22	g /100 g
MV des particules solides ρs	NF EN ISO 17892-3		Mg/m3
Propreté des sables - SE	NF EN 933-8		%
Masse volumique humide ρ	NF EN ISO 17892-2		Mg/m3
Masse volumique sèche ρd	NF P94-064		t/m3
Teneur en carbonate	NF P94-048		%
Teneur en MO - CMOC	XP P 94-047		%

CLASSIFICATION NF EN 16907-2: F1

Equivalence Classification NF P 11 300: **A1**



SOLS Dmax ≤ 63 mm	VC1	Matériaux roulés et matériaux anguleux très charpentés (fraction 0/63 mm ≤ 60 à 80 %)
SOLS Dmax > 63 mm	VC2	Matériaux roulés et matériaux anguleux peu charpentés (fraction 0/63 mm > 60 à 80 %)

Paramètres d'état hydrique

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Teneur en eau naturelle - w	NF EN ISO 17892-1	10.9	%
Indice Portant immédiat - IPI	NF P94-078		
Indice I.CBR.Immersion	NF P94-078		
Indice de Consistance - Ic	(WL - Wn) / IP		
Wn / W OPN	NF P94-093		

Paramètres de comportement mécanique - Matériaux rocheux

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Fragmentabilité - FR	NF EN 17542-2		
Dégradabilité - DG	NF EN 17542-1		
micro-Deval - MDE	NF EN 1097-1		
Los Angeles - LA	NF EN 1097-2		
Friabilité des sables - Fs	NF P18-576		

Matériaux rocheux	Roches sédimentaires	Roches carbonatées	Craies	CH
			Calcaires	Li
		Roches argileuses ou dégradables	Marnes, argillites, pétiltes ...	Cl
		Roches siliceuses	Grès	Sa
			Brèches, poudingues, conglomérats	Co
	Roches salines	Sel gemme, gypse	SR	
	Roches magmatiques	Granites, basaltes, trachytes, andésites	Vo	
	Roches métamorphiques	Gneiss, schistes métamorphiques, schistes ardoisiers	Me	

Pour information:

Teneur en eau Optimale W OPN (%) :	
Masse volumique sèche Optimale ρ OPN (Mg/m3) :	

Observations :

Ingénieur(e) Laboratoire

DANIEL PORTIER



GINGER CEBTP

 7 Avenue Mercure
31130 QUINT-FONSEGRIVES

MESURE DES INDICES PORTANT IMMEDIATS (IPI - I.CBRimmédiat)
Mesure sur échantillon compacté au moule CBR
NF P 94-078
Informations générales

 N° dossier : **STL5.P0092.0001**

 Client /MO : **CHU DE TOULOUSE HOTEL-DIEU**

 Désignation : **RÉFECTION DE L'HÉLISTATION DE L'HÔPITAL DE RANGUEIL**

 Localité : **TOULOUSE**

 Demandeur / MOE : **CHU DE TOULOUSE HOTEL-DIEU**

 Chargé d'affaire : **PERRINE PONS**
Informations sur l'échantillon N° 25TLS-3264

 Mode de prélèvement : **Sondage à la Pelle Mécanique**

 Sondage : **PM04-1**

 Prélevé par : **GINGER CEBTP**

 Profondeur : **0.40/1.40 m**

 Date prélèvement : **13/10/25**

 Mode de conservation : **Ech. prélevé en sac**

 Date de livraison : **14/10/25**

 Description : **Limon argileux et sableux marron à quelques graves épars (D = 25 mm / L = 35 mm / D95 # 0.5 mm) [Réaction HCl positive]**
Informations sur l'essai

 Mode de séchage : **Etuvage**

 Température : **105°C**

 Technicien : **PORTIER D.**

 Type de moule : **Moule CBR**

 Date essai : **23/10/2025**

 Dame - Energie de compactage : **A - Normale**

 Essai sur matériau : **Non traité**

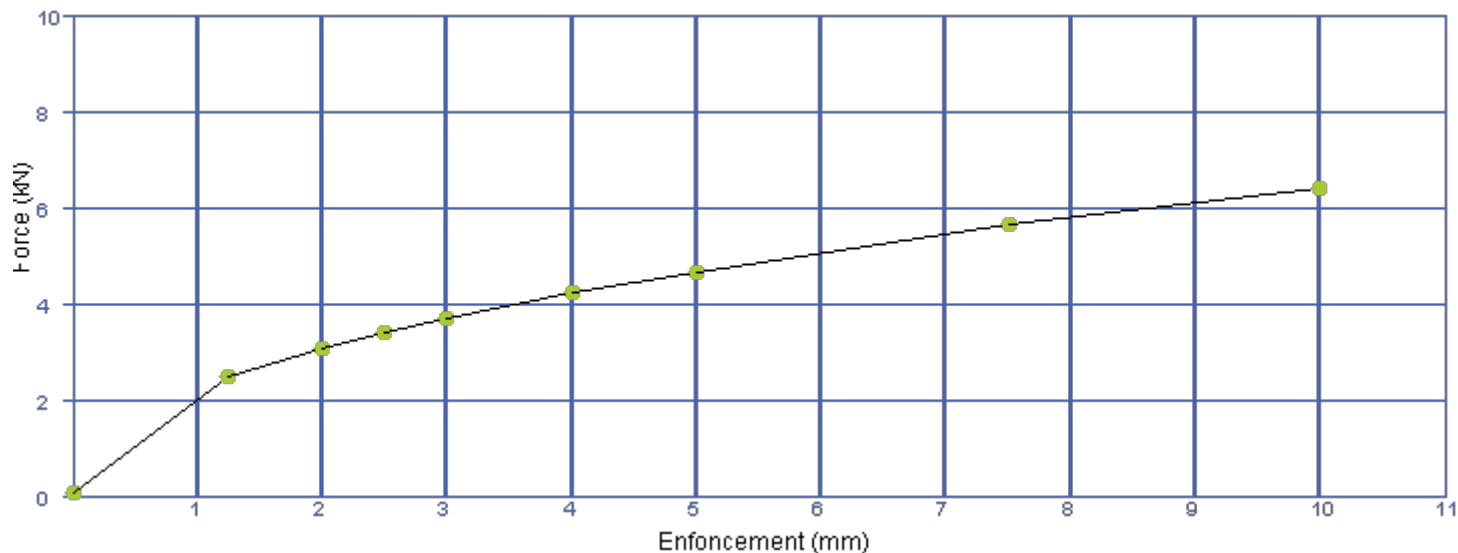
 Fraction testée : **0/20 mm**

Liant(s) et dosage(s) :

 Refus (%) sur 0/20 mm: **0.3**

 Préparation du matériau : **Malaxeur mécanique à couteaux**
Essai IPI

Force anneau: 10KN


Résultats sur la fraction 0/20 mm

 Teneur en eau initiale **W (%)** = **13.0**

 Masse volumique sèche **ρd (Mg/m3)** = **1.65**
IPI = **25**
Pourcentage par rapport à la référence optimale
W moulage CBR / W OPT (%) =

ρd moulage CBR / ρd OPT (%) =

Remarque:

Observations :

 Ingénieur(e) Laboratoire
DANIEL PORTIER


ANNEXE 8 – NOTE DE DIMENSIONNEMENT

Division de l'ingénierie Routière
cebtpr.dat@groupeginger.com

N° affaire	STL5.P092.0001
Désignation	Réfection et extension de l'hélistation
Rédigé par	Damien GRELLET
Vérifié par	Jean-Francois LE PARC
Date	Version A : 17/11/2025 Version B : 07/01/2026 – Révision hypothèse de dimensionnement Version C : 15/01/2026 – Revision solution rigide

Contexte

A la demande et pour le compte du CHU TOULOUSE, GINGER CEBTP a été missionné pour effectuer une étude géotechnique en phase Projet (G2 PRO) dans le cadre du projet de réfection et d'extension de l'hélistation située sur le site de l'hôpital de Rangueil. Le projet comprendra l'ajout d'un stationnement hélicoptère. GINGER a été mandaté en complément de l'étude G2PRO pour le dimensionnement des aires béton de la zone d'hélistation et des aires en enrobé bitumineux.

Le projet de réfection et d'agrandissement de l'hélistation du CHU de Rangueil prévoit, l'ajout d'une zone de stationnement hélicoptère en béton de 16.4 m de diamètre, l'agrandissement de la zone FATO en béton (18.9 x 19.9 m), la modification de l'emplacement de l'entrée de l'hélistation entraînant l'élargissement de la plateforme en enrobé pour l'accès aux ambulances et la zone tampon (environ 145 m²) et la réfection de la plateforme en enrobé. La présente note de dimensionnement, concerne spécifiquement l'aménagement de ces aires.

Pour la phase projet, le dimensionnement des aires en enrobé bitumineux est effectué conformément à la norme de dimensionnement des chaussées neuves NF P 98-086 à l'aide du logiciel ALIZE LCPC ainsi que du « manuel de dimensionnement des chaussées neuves à faible trafic » du CEREMA. Le dimensionnement des structures rigides (dalles en béton hydraulique) est effectué à l'aide de la norme NF P 98-086 et du logiciel ALIZE LCPC puis ce dernier est vérifié suivant la méthode ACN/PCN à partir de l'application des chaussées aéronautiques (ACA) du S.T.A.C.

Les hypothèses communiquées sont celles du rapport dont les principaux éléments sont repris par la suite. Toute modification des hypothèses devra nous être communiquée pour ajuster le dimensionnement.

Données de trafic et caractéristiques des hélicoptères

D'après les informations transmises par la maîtrise d'ouvrage et détaillé dans la notice de la maîtrise d'œuvre, l'hélicoptère de référence retenu est le H145 D3 avec une valeur MMD (masse maximale au décollage) de 3800 kg . Toutefois, il est pris en compte une charge maximale de 5.7 T pour les hélicoptères avec une fréquence de circulation prévue de 5 hélicoptères posés /jour afin de tenir compte de l'effet dynamique et d'*impact* associé à l'atterrissage. Tel que précisé dans la notice de dimensionnement communiqué, les hypothèses de calculs sont les suivantes : une charge de $3\,800 \times 1.5$ (150% du poids TLOF) = 5 700 kg, appliqué sur une surface de 2.40 x 2.40m environ (5.76m²), soit une charge de 1.65 T/m².

Pour le dimensionnement de la DZ, le SAMU voudrait que des hélicoptères de maximum 12 tonnes puissent se poser dessus. La maîtrise d'ouvrage indique cependant que cette hypothèse reste exceptionnelle.

A noter qu'en fonction des positions des hélicoptères sur les zones de stationnement, la circulation des véhicules est possible sur les aires de poser et sur les zones en enrobé à proximité de ces zones et entre les

zones. Ainsi le dimensionnement des dalles est effectué en considérant les hypothèses de trafic suivant :

- Faible trafic PL (13 tonnes à l'essieu) sur les aires de posée,
- Atterrissage / décollage de 5 hélicoptères par jour avec une charge maximale de 3.8 T (5.7 T dans le cas TLOF)
- Atterrissage / décollage très ponctuel d'hélicoptère de 12 Tonnes

En l'absence d'informations, pour les voiries PL en enrobé (passage des ambulances), un trafic T5 (*trafic moyen : 10 PL/jour/sens de circulation*) est pris comme hypothèse. En s'appuyant sur la norme de dimensionnement NF P 98-086 « Dimensionnement structural des chaussées routières — Application aux chaussées neuves » et sur le guide du CEREMA et de l'IDRRIM : « Dimensionnement structural des chaussées routières — Application aux chaussées neuves », les hypothèses suivantes sont retenues :

- Le Coefficient d'Agressivité Moyen (CAM) indiquée à 1 dans la notice de dimensionnement ;
- Le risque de calcul est de 25 % en considérant une chaussée hors section courante ;
- Les voiries seront dimensionnées pour une durée de vie de 20 ans ;
- Le taux de croissance arithmétique annuel du trafic pris en compte est de 2 %.

Investigations géotechniques, essais de laboratoire et hypothèses géotechniques

Les investigations géotechniques ainsi que les essais de laboratoire réalisés dans le cadre du présent dossier sont détaillées dans le corps du rapport STL5.P092.001. Les principales hypothèses retenues pour le dimensionnement sont les suivantes :

Pour le dimensionnement, un niveau de portance PF2 ($EV2 > 50 \text{ MPa}$) est retenu pour les voiries PL. Sur les aires hélicoptères un niveau de portance PF2 ($EV2 > 50 \text{ MPa}$) est également retenu considérant une structure rigide constituée d'un béton maigre comme béton de propreté et d'une couche de surface en BC5. La présence du béton maigre n'est pas considérée dans le calcul du dimensionnement. Le niveau de plateforme sous les structures rigides devra être contrôlé par des essais de plaque statique pour la mesure de l'EV2 ainsi que des essais de plaques de type westergaard pour la vérification de la valeur K0 du sol support.

Dimensionnement des aires hélicoptères sur une plateforme PF2

Les matériaux proposés dans le dimensionnement pour une structure rigide sont du Béton de ciment de classe 5 goudonné. En considérant une plate-forme de type PF2, il pourra être envisagé la structure de chaussée suivante (de haut en bas) :

Structure neuve			
	23 cm	BC5	
	10 cm	Béton de propreté	
	15 cm	GNT 0/20	↓ $EV2 > 50 \text{ MPa}$ et $K0 > 40 \text{ MN/ m}^3$
	Couche de forme		

Une vérification de la structure est effectuée à partir au moyen de la méthode ACN/PCN pour des structures rigides (matériaux traités aux liants hydrauliques) au sens du S.T.A.C, à l'aide de l'application des chaussées aéronautiques (ACA) du S.T.A.C.

En aéronautique, le dimensionnement d'une chaussée nécessite la prise en compte de trois paramètres :

- Le type, le trafic et les masses des avions susceptibles d'emprunter les infrastructures,
- La pondération des charges en fonction de l'aire dimensionnée,
- Les caractéristiques mécaniques de la plateforme ou du sol support des chaussées.

Les hypothèses de charges et de type d'avions pour le pré-dimensionnement sont celles présentées précédemment. Toutes les autres hypothèses de dimensionnement retenues pour les calculs de structures sont celle présentée dans le tableau ci-dessous :

Hypothèses de dimensionnement – Structure rigide	
Mouvement réel journalier	5 mouvements / jour d'hélicoptère (3.8 T) 1 Mouvement / jour d'hélicoptère (5.7 T) 1 mouvement par mois (ponctuelle- hélicoptère 12 T)
Durée de vie de la chaussée rigide ⁽¹⁾	20 ans
Coefficient de pondération ⁽²⁾	1.2
Coefficient de sécurité Cs ³⁾	1,8
Type de plate-forme	PF2 (K ₀ =40 MN/m ³)

¹⁾ La durée de vie des structures rigides est fixée à 20 ans. Compte tenu que les calculs se font sur une période de 10 ans. Le trafic sur 20 ans est rapporté sur une période de 10 ans en doublant le trafic journalier prévu.

²⁾ En fonction de l'utilisation des aires, un coefficient de pondération des charges réelles est appliqué pour le calcul de dimensionnement. Celui-ci sera pris égal à 1,2 pour les aires de stationnement.

³⁾ La valeur du coefficient de sécurité Cs dépend du type de joint de construction et des joints de dilatation de la chaussée, elle est prise égale à Cs = 1,8 pour les joints munis de dispositifs de transfert de charge.

➤ Aire hélistation – Structure de chaussée rigide :

Le dimensionnement des chaussées rigides par la méthode forfaitaire ou optimisée se réalise en plusieurs étapes :

- Calcul des charges
 - P : masse réelle de l'avion (en tonnes)
 - P' : masse pondérée de l'avion (en tonnes)
 - P₀ : masse admissible de l'avion (en tonnes)
- Correction du module de réaction du sol support K₀ en fonction de l'épaisseur équivalente de la couche de fondation. La valeur obtenue est le module de réaction corrigé K_c.
- Calcul de la contrainte admissible σ_{bt} de traction par flexion du béton à partir de la résistance de traction par flexion à la rupture du béton mesurée à 90 jours et du coefficient de sécurité C_s : $\sigma_{bt} = f_{t90} / C_s$
- Détermination de l'épaisseur de la dalle de béton à partir du K_c, σ_{bt} et la charge normale de calcul

Le logiciel ACA du STAC indique que l'épaisseur minimale de la dalle de béton doit être de 19 cm sur la base des hypothèses retenues. -> épaisseur retenue de 20 cm

2 - Dimensionnement optimisé

Localisation
Aérodrome : Rangueil
Chaussée : Hélistation

Paramètres
Unité de trafic : par mois
Coefficient de pondération : 1,2 (Aire de stationnement)
Module de réaction Kc (MN/m³) : 46
Contrainte de rupture béton aéronautique (MPa) : 4.9 / **Coeff. de sécurité :** 1.8 = **Contrainte admissible des dalles béton (MPa) :** 2.72

Calcul du module corrigé Kc
 Epaisseur équivalente (cm) : 15 ↓ Kc
 Base (matériaux traités) : Coef. éq. : Epaisseur : cm
 Fondation (matériaux non traités) : Coef. éq. : Epaisseur : cm ↓ Ko
 Grave naturelle non traitée 1 15
 Sol 40 MN / m³

Aéronefs	P _{adm}	P' _{adm}	P ₀	P'/P ₀	N _{adm}	N'/N	N' _{adm}	Remarques
DAUPHIN / PANTHER-AS 365/AS 565	3,8	4,6	26,6	0,17	300,0	0,00	0,02	
PUMA	5,7	6,8	32,8	0,21	60,0	0,00	0,01	
SUPER PUMA / COUGAR-EC 725	11,0	13,2	26,3	0,50	2,0	0,00	0,01	
essieu-PL standard	13,0	15,6	17,9	0,87	600,0	0,23	137,25	

Résultats
Epaisseur dalle béton : 23,0 cm
Trafic équivalent = 137,29 mvts par mois

Dans un second temps, la structure rigide aéronautiques est vérifiée à partir de la norme NF P 90-086, du guide du Cerema et du logiciel ALIZE LCPC compte tenu de la circulation potentielle de PL sur les dalles.

Les calculs présentés en annexe fournissent les résultats suivants :

Epaisseur	Matériau	Module	Valeur admissible	Valeur calculée	Conforme
23 cm	BC5	35 000 MPa	$\sigma_{ADM} = 1.73 \text{ MPa}$	$\sigma_T = 1.5 \text{ MPa}$	OUI
15 cm	GNT 0/20	200 MPa			
	Support PF2	50 MPa	$\epsilon_{ZADM} = 1171 \mu\text{def}$	$\epsilon_Z = 162 \mu\text{def}$	OUI

Les valeurs calculées sont inférieures aux limites admissibles : **le dimensionnement est donc validé pour ses hypothèses. Il est à noter que l'épaisseur de BC5 de 23 cm correspond à l'épaisseur recommandé par le guide du CEREMA (annexe 5) pour des structures rigide sur PF2 avec un NE < 260 000.**

L'entreprise pourra proposer des structures différentes dans la mesure où elles sont équivalentes (à justifier par note technique).

Lors de la réalisation des travaux, la plus grande attention sera portée sur les points suivants :

- contrôle du niveau de portance de la plateforme,
- respect des épaisseurs préconisées,
- contrôle de la qualité des matériaux mis en œuvre et de leur compacité.

L'exécution du corps de chaussée sera conforme à la norme NF P 98-150-1 pour les matériaux bitumineux et à la norme NF P98-170 pour les bétons.

Dimensionnement des voies de circulation PL

Au droit des futures voiries, une plateforme PF2 devra être obtenue avant la mise en œuvre de la structure de chaussée. La structure de chaussées a été dimensionnée pour une durée de vie de 20 ans, avec un niveau de risque de 25% et un Coefficient d'agressivité moyen de 1.0:

La déformation admissible à la surface de la plateforme est présentée dans le tableau suivant :

Voirie	Voie PL
Type de plate-forme visé	PF2
Trafic supposé (en MJA)	10 PL/j/sens
CAM sol	1
ϵz adm (μ def)	1 305

La déformation admissible à la base des matériaux bitumineux est présentée dans le tableau suivant :

Voirie	Voie PL
Type de plate-forme visé	PF2
Trafic supposé (en MJA)	10 PL/j/sens
CAM MB	1
Risque	25 %
ϵt adm (GB3) (μ def)	179

Afin de valider une solution bitumineuse épaisse, les déformations engendrées par le trafic doivent être inférieures aux déformations admissibles du sol support et des matériaux bitumineux. La relation suivante doit donc être validée :

$$\epsilon z \text{ réel} < \epsilon z \text{ adm} \quad \text{et} \quad \epsilon t \text{ réel} < \epsilon t \text{ adm}$$

La structure de chaussée envisageable est la suivante :

	Voirie	Voie de circulation
	Trafic supposé (en MJA)	10 PL/j/s
Solution bitumineuse épaisse	Couche roulement en BBSG3 (cm)	6
	Couche de base en GB3 (cm)	11
	Plateforme support	PF2

L'entreprise pourra proposer des structures différentes dans la mesure où elles sont équivalentes.

Lors de la réalisation des travaux, la plus grande attention sera portée sur les points suivants :

- contrôle du niveau de portance de la plateforme,
- respect des épaisseurs préconisées,
- contrôle de la qualité des matériaux mis en œuvre et de leur compacité.

Les granulométries des matériaux hydrocarbonés seront fonction des épaisseurs mises en œuvre, qui pourront être les suivantes :

- BB (0/10 pour des épaisseurs de 5 à 7 cm),
- GB (0/14 pour des épaisseurs de 8 à 14 cm)

Leurs conditions de mise en œuvre sont définies par la norme NF P98-150-1. Les liants utilisés pour la couche d'accrochage seront adaptés au matériau hydrocarboné choisi.

GINGER CEBTP se tient à la disposition du Maître d'œuvre ou de l'entreprise pour la réalisation des essais de contrôle à tout stade de l'exécution.

Calcul DCA et Alize

2 - Dimensionnement optimisé

Localisation

Aérodrome :

Rangueil

Chaussée :

Helistation

Paramètres

Unité de trafic :

par mois

Coefficient de pondération :

1,2 (Aire de stationnement)

Module de réaction Kc

(MN/m³) :

46

Contrainte de rupture béton aéronautique (MPa) : 4.9 / Coeff. de sécurité : 1.8 = Contrainte admissible des dalles béton (MPa) : 2.72

Calcul du module corrigé Kc

Epaisseur équivalente (cm) : 15

↓ Kc

Base (matériaux traités) :

Coef. éq. :

Epaisseur :

cm

Fondation (matériaux non traités) :

Coef. éq. :

Epaisseur :

cm

↓ Ko

Sol

40 MN / m³

Aéronefs	P	P'	P ₀	P'/P ₀	N	N'/N	N'	Remarques
DAUPHIN / PANTHER-AS 365/AS 565	3,8	4,6	26,6	0,17	300,0	0,00	0,02	
PUMA	5,7	6,8	32,8	0,21	60,0	0,00	0,01	
SUPER PUMA / COUGAR-EC 725	11,0	13,2	26,3	0,50	2,0	0,00	0,01	
essieu-PL standard	13,0	15,6	17,9	0,87	600,0	0,23	137,25	

Résultats

Epaisseur dalle béton : 23,0 cm

Trafic équivalent = 137,29 mvts par mois

Rapport de calcul
Vérification mécanique

Helisation Ranguel

Auteur : GINGER CEBTP

Édité le : 07/01/2026 à 14:34:28

Description de l'étude :

Structure bitumineuse épaisse

1 Structure

Epaisseur (m)	Module (MPa)	Nu (-)	Bibliothèque	Matériau	Temp. (°C)	Fréq. (Hz)
0.06	7000	0.35	NF P98-086 v2019	eb-bbsg3	15	10
Collé						
0.11	9000	0.35	NF P98-086 v2019	eb-gb3	15	10
Collé						
0.15	200	0.35	NF P98-086 v2019	gnt cg3	15	10
Collé						
Inf.	50	0.35	NF P98-086 v2019	pf2	15	10

2 Chargement

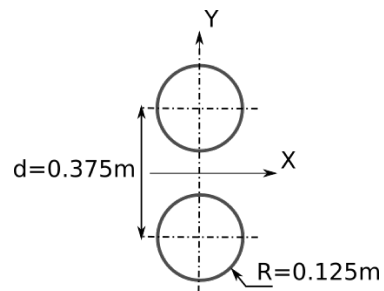
Jumelage français standard

Rayon (m) = 0.125

Pression (MPa) = 0.662

Poids/roue (kN) = 32.5

Entraxe (m) = 0.375



3 Trafic

Trafic cumulé PL : 79935

Moyenne journalière annuelle : 10

Taux d'accroissement Arithmétique : 0.01

Durée de service : 20 ans

4 Valeurs admissibles

N° Couche	Matériau	Critère	Valeur calculée
2	eb-gb3	ϵT	179.413
4	pf2	ϵZ	1305.303

Couche 2

CAM: 1.00

NE: 79935

Risque: 0.25

ϵ_6 : 90.000

-1/b: 5.000

E(T,f)(MPa): 11880

E(Eq,f)(MPa): 9000

S_h: 0.025

S_n: 0.300

Kr: 0.886

Kc: 1.300

Ks: 0.909

Couche 4

CAM: 1.00

NE: 79935

Coeff A: 16000.000

Pente b: -0.222

5 RÉSULTATS

5-1 Valeurs de dimensionnement

Mat.	Ép. (m)	Mod. (MPa)	Nu (-)	Zcalc (m)	εT		σT		εZ		σZ	
					val (μ)	dir-loc	val (MPa)	dir-loc	val (μ)	dir-loc	val (MPa)	dir-loc
eb-bbsg3	0.06	7000	0.35	0	82.7	Y-J	1.104	Y-J	-81.8	Z-R	0.658	Z-R
				0.06	26.2	Y-R	0.505	X-J	12.1	Z-R	0.53	Z-R
eb-gb3	0.11	9000	0.35	0.06	26.2	Y-R	0.645	X-J	1.6	Z-R	0.53	Z-R
				0.17	-145.9	X-J	-1.81	X-R	136.1	Z-R	0.054	Z-R
gnt cg3	0.15	200	0.35	0.17	-145.9	X-J	-0.013	X-J	301.5	Z-R	0.054	Z-R
				0.32	-219.9	X-J	-0.047	X-J	306.4	Z-J	0.031	Z-J
pf2	infini	50	0.35	0.32	-219.9	X-J	0.001	X-J	598.6	Z-J	0.031	Z-J

6 Conclusion

Structure Conforme

CONTACT

AGENCE DE QUINT FONSEGRIVES

7 avenue Mercure 31130 QUINT FONSEGRIVES

Tél. : +33 (0) 5 62 71 80 00

Fax. : +33 (0) 5 62 71 80 05