

Avis de tiers expert sur les études de stabilité de digues D5, D6 et D7 du site de Mange Garri.

Etude de diagnostic géotechnique G5

Rapport 83225 - Février 2016



Route de Biver - BP 62
13541 Gardanne cedex
Tél. 04 42 65 22 90

Antea Group

Parc Napollon
400, av. du Passe-Temps - Bât. C
13676 AUBAGNE CEDEX
Tél. : 04.42.08.70.70

secretariat.marseille-fr@anteagroup.com
www.anteagroup.fr

Sommaire

	Pages
1. Contexte et objectifs	3
2. Documents de référence	4
3. Données d'entrée des études	5
3.1. Caractérisation du contexte lithologique.....	5
3.2. Caractérisation géo-mécanique des matériaux.....	6
3.2.1. Bauxaline	6
3.2.2. Sols d'assise	6
3.2.3. Corps de digue.....	6
4. Paramètres retenus pour la modélisation des conditions d'équilibre	7
4.1. Bauxaline.....	7
4.2. Sols d'assise	7
4.3. Corps de digue	7
5. Prise en compte de la sismicité.....	9
6. Synthèse de l'analyse	10
6.1. Rappel des hypothèses de travail.....	10
6.2. Vérifications menées.....	10
6.3. Conclusions.....	11

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1. Calculs complémentaires de vérification de la stabilité

Annexe 2. Rapports de calculs TALREN

1. Contexte et objectifs

Depuis 2006, plusieurs études ont été menées pour définir les conditions de poursuite d'exploitation du site de Mange Garri ou apprécier l'état de stabilité actuel des digues de confinement du dépôt. Les études suivantes ont été portées à notre connaissance :

- Etude FUGRO de 2006 [1], présentant un Avant-Projet Sommaire de stockage de 2 100 000 m³ sur le bassin B6 et 500 000 m³ sur le bassin B5 ;
- Etude GINGER CEBTP de 2011 [2], présentant un nouveau projet de stockage de bauxaline. Plusieurs scénarios sont étudiés, validant des volumes atteignant 2 620 000 m³ sur B6 et 2 290 000 m³ sur B5. Dans ce dernier cas une garde de 100m est conservée entre le nouveau stockage et la crête de la digue D5 ;
- Etude FONDASOL de 2015 [7], étudiant la stabilité d'un nouveau projet de stockage sur B5 réduisant la distance de garde à 40 m au lieu des 100 m précédents ;
- Etude GINGER CEBTP de 2001 [3], étudiant la stabilité actuelle de la digue D7.

Alteo a missionné Antea Group pour émettre un avis de tiers expert sur ces études. Cette mission a consisté à :

- vérifier la cohérence générale des études ;
- vérifier la cohérence des hypothèses de calcul prises en compte et notamment les caractéristiques mécaniques et hydrauliques retenues, au vu des investigations et des suivis disponibles ;
- réaliser l'étude de sensibilité sur certains paramètres pouvant être jugés non strictement sécuritaires.

2. Documents de référence

- [1] Rapport FUGRO GEOTECHNIQUE réf. 551C0450 EGA I1G du 3 mars 2006 : Etude APS du projet de poursuite de l'exploitation et de réaménagement du site.
- [2] Rapport GINGER CEBTP réf. FTL2.B.0072.0001 du 11 avril 2011 : Etude de la rehausse des bassins B5 et B6 (notamment stabilité des digues D5 et D6).
- [3] Rapport GINGER CEBTP réf. FTL2.B.0025.0001 du 7 juillet 2011 : Etude de la stabilité actuelle de la digue D7.
- [4] Rapport FONDASOL ETH I3-0025 du 24 mai 2013 : Bilan quinquennal de la stabilité 2007 – 2012.
- [5] Rapport FONDASOL ETH I3-0027 du 12 juin 2014 : Suivi piézométrique au sein des digues D6 et D7 en avril 2014.
- [6] Rapport FONDASOL ETH I4-0016 de janvier 2015 : Rapport de surveillance jusqu'au second semestre 2014.
- [7] Rapport FONDASOL ETH I5-0020 du 2 juin 2015 : Etude de la stabilité actuelle de la digue D5.
- [8] Rapport FONDASOL ETH I5-0056 du 23 juillet 2015 : Rapport provisoire de surveillance jusqu'en juin 2015.
- [9] Rapport GINGER CEBTP STL2B.0323.0001 de décembre 2011 : diagnostic de la géométrie des digues D5 et D6.

3. Données d'entrée des études

3.1. Caractérisation du contexte lithologique

La lithologie du site a pu être précisée à partir des différents sondages réalisés lors des campagnes d'investigations :

- Campagne de sondages de 2005 réalisée par FUGRO GEOTECHNIQUE :
 - Au droit du bassin B5 :
 - 1 sondage carotté poursuivi jusqu'au substratum ;
 - 1 sondage au pénétromètre statique ;
 - Au droit du bassin B6 :
 - 1 sondage carotté poursuivi jusqu'au substratum ;
 - 17 sondages au pénétromètre statique, dont un essai avec mesure de la pression interstitielle ;
- Instrumentation réalisée par FUGRO GEOTECHNIQUE en 2008 :
 - Au droit du bassin B5 :
 - 3 sondages destructifs équipés en inclinomètre ;
 - Au droit du bassin B6 :
 - 5 sondages destructifs équipés en inclinomètre ;
- Campagne de sondages de 2011 réalisée par GINGER CEBTP :
 - Au droit du bassin B5 :
 - 10 sondages au pénétromètre statique, dont un essai avec mesure de la pression interstitielle ;
 - 2 sondages carottés poursuivis jusqu'au substratum et équipés en piézomètre ;
 - 2 sondages destructifs équipés en piézomètre ;
 - 8 sondages à la pelle mécanique ;
 - Au droit du bassin B6 :
 - 2 sondages destructifs équipés en piézomètre ;
- Instrumentation réalisée par SOLUM HYDROGEOLOGIE en 2013 :
 - Au droit de la digue D6 :
 - 2 sondages destructifs équipés en piézomètre et inclinomètre ;
 - Au droit de la digue D7 :
 - 2 sondages destructifs équipés en piézomètre et inclinomètre ;
- Campagne de sondages de décembre 2011 réalisée par GINGER CEBTP :
 - 5 sondages au pénétromètre statique en amont de D6 ;
 - 4 sondages au pénétromètre statique à l'aval de D5 ;
 - 7 sondages au pénétromètre statique en amont de D5.

Ces reconnaissances offrent une vision satisfaisante de la lithologie au droit des bassins B5 et B6 : profondeur du substratum calcaire, épaisseur du recouvrement de colluvions sur le substratum, épaisseur des dépôts de bauxaline au sein des deux bassins.

3.2. Caractérisation géo-mécanique des matériaux

3.2.1. Bauxaline

La bauxaline constitue l'essentiel du matériau de remplissage du site, hors Déchets Industriels Banals (DIB) constatés localement sur le bassin 5. Cette bauxaline a été caractérisée lors des campagnes de 2006 et 2011. Les principaux résultats sont listés ci-dessous :

- La masse volumique est estimée entre 17,6 et 18,9 kN/m³ (11 essais) ;
- La valeur de l'Optimum Proctor est estimée entre 13,9 et 15,7 kN/m³ (2 essais respectivement sur bauxaline de lagunage et en sortie de filtre presse) ;
- L'angle de frottement interne est estimé entre 29° et 37° (6 essais répartis sur B5 et B6) ;
- Les mesures ont montré une cohésion à court terme évoluant logiquement (consolidation) avec la profondeur (15 à 100 kPa entre 6 et 30 m – 3 essais) ;
- La cohésion à long terme varie de 0 à 17 kPa (6 essais disponibles ou commentés) ;
- La perméabilité au sein des bassins B5 et B6 a été estimée en 2006 par 4 essais Lefranc [1] entre $5,10^{-8}$ et 8.10^{-7} m/s ;
- Quatre essais triaxiaux à chargement cyclique ont été réalisés en 2006 [1] sur 4 échantillons et ne montrent pas de sensibilité particulière à la liquéfaction ;
- Les coefficients de consolidation ont été estimés par 4 essais œdométriques en 2006 [1]. Le temps de consolidation pour une tranche de 5 m d'épaisseur peut être estimé à 4 à 5 mois.

Les résultats obtenus lors des différentes campagnes apparaissent homogènes et cohérents avec la nature du matériau.

3.2.2. Sols d'assise

Le sol d'assise (recouvrement de colluvions et substratum calcaire) n'a pas été caractérisé mécaniquement lors des campagnes d'investigation.

3.2.3. Corps de digue

Aucune caractérisation mécanique des matériaux constitutifs du corps de digue (enrochements et masques) n'est disponible. Il semble par ailleurs difficile de caractériser l'angle de frottement interne des enrochements par mesure *in situ*.

4. Paramètres retenus pour la modélisation des conditions d'équilibre

4.1. Bauxaline

- Epaisseur des dépôts : 44 m dans le bassin B5, 36 m dans B6 ;
- Masse volumique : 18,2 à 18,5 kN/m³ ;
- Cohésion à court terme (bassin B7 uniquement) : 10 kPa pour des matériaux non consolidés avec augmentation avec la profondeur (+2,2 kPa/m), puis 40 kPa pour de la bauxaline consolidée (remplissage par phases [2]) ;
- Angle de frottement à court terme : 0° ;
- Cohésion à long terme : nulle de manière sécuritaire ;
- Angle de frottement à long terme : 35° ; les résultats d'essais de laboratoire variant entre 29° et 37°, cette valeur bien que réaliste ne peut a priori être considérée comme sécuritaire ;
- Niveaux d'eau : bauxaline saturée, approche sécuritaire.

De manière générale, les paramètres mécaniques retenus sont globalement homogènes d'une étude à l'autre et cohérents avec les essais réalisés.

Remarque : l'angle de frottement de bauxaline consolidée retenu peut apparaître se situer dans la tranche haute des résultats de mesures obtenus par essais en laboratoire. Mais il convient de rappeler à ce propos que les calculs selon les Eurocodes 7 sont réalisés en considérant une pondération de 1,25 de ce paramètre (appliquée sur la valeur de la tangente) ; cela amène de fait à considérer un angle de frottement de l'ordre de 29° cohérent avec la gamme de résultats obtenus en laboratoire.

4.2. Sols d'assise

- Paramètres de cisaillement : les caractéristiques retenues pour le sol d'assise (angle de frottement interne de 25° et cohésion de 15 kPa) apparaissent cohérentes avec la nature des matériaux ;
- Niveaux d'eau : terrain saturé, approche sécuritaire.

Les paramètres mécaniques retenus pour le sol d'assise sont globalement homogènes d'une étude à l'autre et cohérents avec la nature de ces terrains. Leur influence sur les conditions de stabilité s'avère par ailleurs mineure.

4.3. Corps de digue

- Géométrie des digues : les géométries des digues, le profilage du parement amont et l'épaisseur du masque drainant ont été déterminés à partir d'un relevé topographique (juillet 2005 [1]), de données bibliographique (source non précisée) et d'une campagne de sondages pénétrométriques (pour les digues D5

- et D6 [9]). En particulier l'épaisseur du masque n'a pas été vérifiée par sondages, mais cette épaisseur peut être considérée comme peu influente sur la stabilité des digues, les cercles de rupture interceptant peu cette couche ;
- Masse volumique : 22 kN/m³. Il s'agit d'une valeur classique pour des enrochements ;
 - Cohésion à long terme : nulle, ce qui est cohérent pour ce type de matériau granulaire ;
 - Angle de frottement interne : 45°. Cette valeur a été déterminée par rétro-calage [3]. Compte-tenu de la nature du matériau, elle peut être considérée comme plausible et conformément à la remarque précédemment formulée quant aux caractéristiques de la bauxaline, conduit à considérer pour le calcul une valeur de l'ordre de 38 / 39° plutôt sécuritaire ;
 - Niveau d'eau dans le corps de digue :
 - D5 : en l'absence de piézomètre, un niveau haut est considéré de manière sécuritaire ;
 - D6 : Aucun niveau d'eau n'a été enregistré au sein de cette digue. Les études considèrent un drainage efficace de cette digue ;
 - D7 : pas de saturation du corps de digue pris en compte. Cependant un niveau d'eau de 8 à 11 m est constaté par le piézomètre de la digue D7 depuis sa création [6] [9].

Les paramètres mécaniques retenus pour les remblais des digues (considérés comme identiques) sont homogènes d'une étude à l'autre et cohérents avec la nature de ces terrains.

Les niveaux d'eau retenus dans les digues sont cohérents avec les mesures ou sécuritaires lorsque l'information est indisponible. Seul le niveau d'eau au sein de D7 mérite d'être pris en compte aux études et a été intégré dans les vérifications menées dans le cadre de cette tierce expertise : son influence s'avère marginale et ne remet pas en cause la stabilité de l'ouvrage.

5. Prise en compte de la sismicité

Différentes approches de la sismicité sont constatées selon les études :

- Accélération horizontale selon l'arrêté du 4 octobre 2010, prise en compte de classe de sol B, C ou D et calcul selon la méthode globale [7] ;
- Equivalence selon la réglementation des bâtiments (PS 92) et approche aux coefficients partiels [3] [2].

A la date de rédaction du présent rapport, la réglementation parasismique française en vigueur pour la justification géotechnique des ouvrages en site ICPE est définie par l'arrêté du 24 janvier 2011. Cet arrêté définit les accélérations horizontales et verticales de calcul selon la zone de sismicité de la commune concernée. Ce zonage est précisé par le décret du 22 octobre 2010 qui classe la commune de Bouc Bel Air en zone de sismicité modérée (zone 3).

Des calculs de stabilité complémentaires ont donc été menés, tenant compte de cette réglementation. La stabilité s'avère justifiée sous sollicitation sismique selon tous les cas étudiés. Le détail des calculs est présenté en annexe 1.

6. Synthèse de l'analyse

6.1. Rappel des hypothèses de travail

Les hypothèses de travail sont les suivantes :

- Les profils pris en compte dans les études sont les plus défavorables, en tenant compte des scénarios de stockage supplémentaire les plus pénalisants : stockage démarrant à 40 m de la crête de digue ([7] - digues D5) et scénario de stockage 4 ([2] - digue D6) ;
- Les niveaux d'eau en corps de digue sont retenus soit en cohérence avec les mesures piézométriques (digues D6), soit en considérant un niveau pénalisant (digue D5). Le niveau d'eau constaté au droit de D7 a été intégré dans les vérifications réalisées dans le cadre de la tierce expertise. Les remblais et le sol d'assise sont considérés saturés de manière sécuritaire ;
- Les caractéristiques mécaniques prises en compte sont cohérentes avec les résultats des essais de laboratoire et/ou avec la nature des matériaux ;
- La sismicité prise en compte est variable d'une étude à l'autre (modification de la réglementation concernant les ICPE en 2011). Les cas sous séisme ont donc été repris en conformité avec l'arrêté du 24 janvier 2011 pour les installations classées. De manière sécuritaire, une classe de sol C a été retenue pour les matériaux constitutifs du corps de digue ;
- Une approche globale ou aux coefficients partiels est proposée selon les études. Les cas étudiés ont donc été repris intégralement en tenant compte des coefficients partiels de l'Eurocode 7.

6.2. Vérifications menées

Afin de vérifier la stabilité dans une approche systématiquement sécuritaire et conforme à la réglementation actuelle, une reprise des calculs a été réalisée dans le cadre de la présente tierce expertise. Le détail des calculs est fourni en annexe 1 de ce rapport. Les résultats indiquent que la stabilité est vérifiée :

- En statique, qu'il s'agisse de grands glissements mobilisant l'ensemble des digues ou de glissements internes limités aux enrochements et au pied des digues ;
- Sous sollicitation dynamique (cas au séisme) en tenant compte des accélérations imposées pour des ouvrages existants par l'arrêté du 24 janvier 2011 relatif aux ICPE. Là encore les deux types de rupture sont vérifiées (grands glissements et ruptures internes) pour toutes les digues.

6.3. Conclusions

Les paramètres (géométries, lithologie, caractéristiques mécaniques, niveaux d'eau, scénarios étudiés) pris en compte dans les études de stabilité étudiées [1] [2] [3] [7] apparaissent cohérents et peuvent être considérés globalement conservateurs. Les tests de sensibilité réalisés dans le cadre de la présente tierce expertise confirment les conclusions de études précédentes quant aux conditions de stabilité des digues D5, D6 et D7.

Observations sur l'utilisation du rapport

Ce rapport, ainsi que les cartes ou documents, et toutes autres pièces annexées constituent un ensemble indissociable ; en conséquence, l'utilisation qui pourrait être faite d'une communication ou reproduction partielle de ce rapport et annexes ainsi que toute interprétation au-delà des énonciations d'Antea Group ne saurait engager la responsabilité de celle-ci. Il en est de même pour une éventuelle utilisation à d'autres fins que celles définies pour la présente prestation.

La prestation a été réalisée à partir d'informations extérieures non garanties par Antea Group ; sa responsabilité ne saurait être engagée en la matière.

Annexe 1. Calculs complémentaires de vérification de la stabilité

Géométrie

Pour chaque digue, le profil le plus défavorable a été retenu et selon le projet de rehausse du stockage le plus pénalisant :

- Digue D5 : profil déterminé par la campagne de sondages de décembre 2011 [9] et en tenant compte d'un nouveau stockage à 40 m de la crête de la digue [7] ;
- Digue D6 : profil déterminé par la campagne de sondages de décembre 2011 [9] et en tenant compte d'un nouveau stockage à 90 m de la crête de la digue [2] (scénario 3) ;
- Digue 7 : profil estimé par le CEBTP sans modification du remplissage du bassin B7 [3].

Caractéristiques mécaniques des sols

Les caractéristiques mécaniques des sols prises en compte sont cohérentes avec les études [1], [2], [3] et [7].

Les valeurs mécaniques retenues sont résumées dans le tableau ci-dessous, avec en gras les paramètres modifiés :

	Poids volumique γ (kN/m ³)	Cohésion court terme c_u (kPa)	Cohésion long terme c' (kPa)	Angle de frottement interne ϕ' (°)
Corps de digue (enrochements)	22	-	0	45
Colluvions	20	-	15	25
Substratum calcaire (assimilé aux colluvions – approche sécuritaire)	20	-	15	25
Bauxaline jeune (non consolidée)	18,2	10 +2,2/m	-	-
Bauxaline consolidée	18,2	-	0	35

Hydrogéologie

De manière sécuritaire, les matériaux de remplissage des bassins et les terrains d'assise sont considérés comme saturés.

Les digues D6 et D7 sont équipées chacune d'un piézomètre depuis 2014 :

- En l'absence de mesures au droit de la digue D5, un niveau haut pénalisant a été estimé par FONDASOL [7][7] Rapport FONDASOL ETH I5-0020 du 2 juin 2015 : Etude de la stabilité actuelle de la digue D5. et est conservé ici ;
- Aucun niveau d'eau n'a été mesuré au droit de D6 [8]. La digue est considérée comme correctement drainée [2]. Cette hypothèse est conservée ici ;
- Un niveau de 8 m (198,5 NGF) a été mesuré au droit de la digue D7 [8]. Ce niveau a été pris en compte ici.

Sismicité

La réglementation parasismique française pour la justification géotechnique des ouvrages en site ICPE est définie par l'arrêté du 24 janvier 2011. Les digues de Mange Garri étant des ouvrages existants, les accélérations de calcul sont les suivantes :

Accélération horizontale de calcul (m/s ²)	Accélération verticale de calcul (m/s ²)
2,04	1,63

La classe de sol à retenir est définie par la norme NF EN 1998-1, sur la base des 30 m superficiels. Compte-tenu de la fondation présumée de l'ensemble des digues sur le substratum calcaire, avec ou non une épaisseur inférieure à 2,5 m de colluvions, une classe de sol A peut être retenue.

Les enrochements peuvent être considérés comme un rocher fracturé (Vs entre 360 et 800, soit un équivalent à une pression limite de 2,5 à 5 MPa selon les recommandations de l'ancienne norme, dite PS 92), c'est-à-dire un sol de classe B. Nous proposons de prendre en compte un sol de classe C afin de proposer un calcul plus contraignant.

Les formules de détermination des accélérations de calcul pour la justification de la stabilité des pentes sont données par la norme NF EN 1998-5 :

a_h/g	a_v/g
0.153	0.077

Il s'agit d'accélérations de calcul réglementaires, volontairement contraignantes permettant de dimensionner les ouvrages sensibles avec une approche sécuritaire. Cette réglementation est appliquée aux ICPE depuis 2011.

Cas de calcul

Les calculs sont menés à l'aide du logiciel Talren v5, pour des phases définitives et en tenant compte des coefficients partiels de l'Eurocode 7 :

	γ	Cu	c'	ϕ'	méthode de calcul
Eurocode fondamental courant	1	1.4	1.25	1.25	1.1
Eurocode sismique	1	1.4	1.25	1.25	1

Dans cette approche aux coefficients partiels, un facteur de sécurité de 1 est recherché pour toutes les situations.

Les scénarios suivants ont été testés :

- Cercles de rupture interne (rupture dans les enrochements), en situation courante et sous séisme ;
- Grands glissements, en situation courante et sous séisme.

Résultats

Digue 5

Digue	Rupture étudiée	Séisme	Facteur de sécurité
D5	Rupture interne (cercles en enrochements)	non	1.20
D5	Rupture interne (cercles en enrochements)	oui	1.01
D5	Grands glissements	non	1.93
D5	Grands glissements	oui	1.18

Avis de tiers expert sur les études de stabilité de digues D5, D6 et D7 du site de Mange Garri.
Rapport n°83225

Digue 6

Digue	Rupture étudiée	Séisme	Facteur de sécurité
D6	Rupture interne (cercles en enrochements)	non	1.16
D6	Rupture interne (cercles en enrochements)	oui	1.00
D6	Grands glissements	non	1.67
D6	Grands glissements	oui	1.06

Digue 7

Digue	Rupture étudiée	Séisme	Facteur de sécurité
D7	Rupture interne (cercles en enrochements)	non	1.29
D7	Rupture interne (cercles en enrochements)	oui	1.07
D7	Grands glissements	non	1.46
D7	Grands glissements	oui	1.04

Annexe 2. Rapports de calculs TALREN

Données du projet

Numéro d'affaire : PACP150231

Titre du calcul : Altéo Mange-Garri - Digue D5

Lieu : Bouc Bel Air

Commentaires : N/A

Système d'unités : kN, kPa, kN/m³

γw : 10.0

Couches de sol

	Nom	Couleur	γ	φ	c	Δc	qs clous	pl	KsB	Anisotropie	Favorable	Coefficients de sécurité spécifiques
1	Corps de digue		22,0	45,00	0,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non
2	Colluvions		20,0	25,00	15,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non
3	Substratum		20,0	25,00	15,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non
4	Bauxaline		18,2	30,00	0,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non
5	Stockage supplémentaire		18,2	30,00	0,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non

Couches de sol (cont.)

	Nom	Couleur	Γγ	Γc	Γtan(φ)	Type de cohésion	Courbe
1	Corps de digue		-	-	-	Effective	Linéaire
2	Colluvions		-	-	-	Effective	Linéaire
3	Substratum		-	-	-	Effective	Linéaire
4	Bauxaline		-	-	-	Effective	Linéaire
5	Stockage supplémentaire		-	-	-	Effective	Linéaire

Points

	X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y			
1	0,000	232,670	2	-44,000	232,750	3	-46,000	236,500	4	-93,500	236,800	5	-167,000	238,000	6	-214,000	270,700	7	-218,000	270,300
8	-243,500	268,500	9	-260,500	267,000	10	-428,000	265,860	11	-437,500	271,510	12	-441,500	271,550	13	-445,500	268,690	14	-482,000	269,400
15	-500,500	273,470	16	0,000	208,000	17	-94,000	211,000	18	-117,500	214,000	19	-127,500	219,000	20	-137,000	219,500	21	-157,000	231,000
22	-137,000	214,500	23	-240,000	227,000	24	-252,000	217,500	25	-261,000	218,000	26	-358,500	230,000	27	-403,000	240,000	28	-500,500	252,000
29	0,000	206,000	30	-137,000	212,500	31	-261,000	216,000	32	-358,500	228,000	33	-403,000	238,000	34	-500,500	250,000	35	-550,000	273,500
36	-550,000	252,000	37	-550,000	250,000	38	-318,000	266,500	39	-334,000	274,500	40	-450,000	274,500	41	-318,214	266,607	42	-254,000	267,420
43	-265,000	274,500																		

Segments

	Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2
1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	42	9
8	10	11	9	11	12	10	12	13	11	13	14	12	14	15	13	2	21	14	21	5
15	7	23	16	23	24	17	16	17	18	17	18	19	18	19	20	19	20	21	20	21
22	18	22	23	22	24	24	24	25	25	25	26	26	26	27	27	27	28	28	29	30
29	30	31	30	31	32	31	32	33	32	33	34	33	35	15	34	36	28	35	37	34
36	15	40	37	40	39	38	39	41	39	41	9	40	41	10	41	41	38	42	39	43
43	43	42	44	8	42	45	8	7												

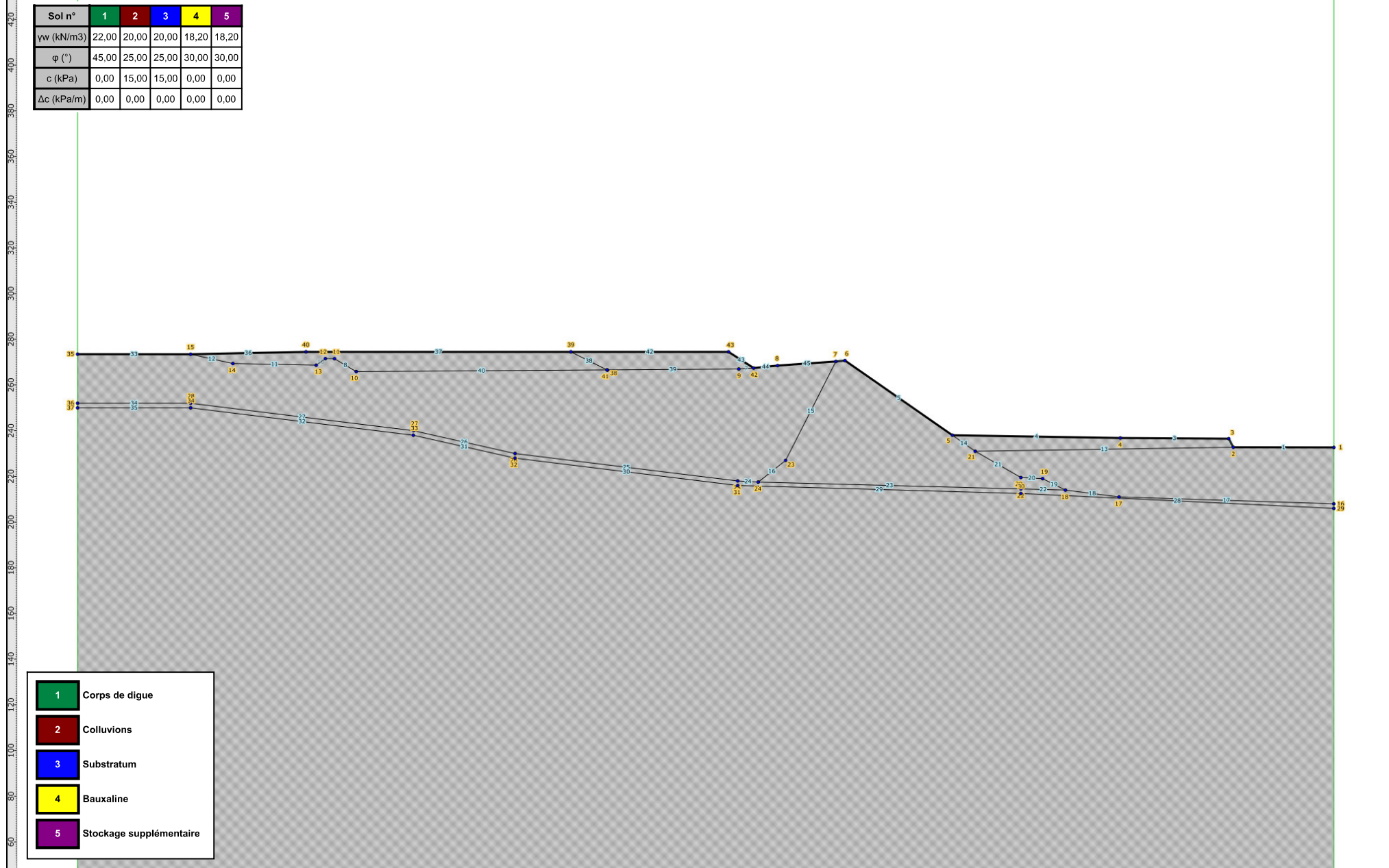


Talren v5
v5.1.4

Imprimé le : 16 févr. 2016 14:21:02
Calcul réalisé par : ANTEA
Projet : Altéo Mange-Garri - Digue D5

-560 -540 -520 -500 -480 -460 -440 -420 -400 -380 -360 -340 -320 -300 -280 -260 -240 -220 -200 -180 -160 -140 -120 -100 -80 -60 -40 -20 0 20

Sol n°	1	2	3	4	5
γ_w (kN/m ³)	22,00	20,00	20,00	18,20	18,20
φ (°)	45,00	25,00	25,00	30,00	30,00
c (kPa)	0,00	15,00	15,00	0,00	0,00
Δc (kPa/m)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00



- 1 Corps de digue
- 2 Colluvions
- 3 Substratum
- 4 Bauxaline
- 5 Stockage supplémentaire



Talren v5
v5.1.4

Imprimé le : 16 févr. 2016 14:21:02
Calcul réalisé par : ANTEA

Projet : Altéo Mange-Garri - Digue D5

Données de la phase 1

Nom de la phase : Digue D5 - Stockage à 40 m

Détermination de l'enveloppe du talus : automatique

Segments de la phase

	Point 1	Point 2	Sol sous-jacent		Point 1	Point 2	Sol sous-jacent		Point 1	Point 2	Sol sous-jacent
1	1	2	Bauxaline	2	2	3	Bauxaline	3	3	4	Bauxaline
4	4	5	Bauxaline	5	5	6	Corps de digue	6	6	7	Corps de digue
7	42	9	Bauxaline	8	10	11	Bauxaline	9	11	12	Bauxaline
10	12	13	Bauxaline	11	13	14	Bauxaline	12	14	15	Bauxaline
14	21	5	Corps de digue	15	7	23	Corps de digue	16	23	24	Corps de digue
17	16	17	Colluvions	18	17	18	Colluvions	19	18	19	Corps de digue
20	19	20	Corps de digue	21	20	21	Corps de digue	22	18	22	Colluvions
23	22	24	Colluvions	24	24	25	Colluvions	25	25	26	Colluvions
26	26	27	Colluvions	27	27	28	Colluvions	28	29	30	Substratum
29	30	31	Substratum	30	31	32	Substratum	31	32	33	Substratum
32	33	34	Substratum	33	35	15	Bauxaline	34	36	28	Colluvions
35	37	34	Substratum	36	15	40	Stockage supplémentaire	37	40	39	Stockage supplémentaire
39	41	9	Bauxaline	40	41	10	Bauxaline	42	39	43	Stockage supplémentaire
43	43	42	Stockage supplémentaire	44	8	42	Bauxaline	45	8	7	Bauxaline

Liste des éléments activés

Conditions hydrauliques : Nappe phréatique

Toit de la nappe

	X	Y	Angle		X	Y	Angle		X	Y	Angle		X	Y	Angle				
1	-550,000	272,000	0,00	2	-482,000	268,000	0,00	3	-445,500	267,500	0,00	4	-428,000	264,500	0,00	5	-260,500	265,500	0,00
6	-243,500	267,000	0,00	7	-222,000	261,500	0,00	8	-208,500	248,500	0,00	9	-187,500	234,000	0,00	10	-113,500	228,000	0,00
11	-79,000	226,000	0,00	12	0,000	225,000	0,00												

Données de la situation 1

Nom de la phase : Digue D5 - Stockage à 40 m

Nom de la situation : Rupture interne - normal

Méthode de calcul : Bishop

Jeu de coefficients de sécurité pour cette situation : Eurocode - Fondamental - Ouvrage courant

Détail du jeu de coefficients de sécurité

Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient
Γ_{min}	1,000	Γ_{s1}	1,000	Γ_{s1}	1,000	Γ_{ϕ}	1,250	$\Gamma_{c'}$	1,250	Γ_{cu}	1,400
Γ_Q	1,300	$\Gamma_{qsl,clou,ab}$	1,000	$\Gamma_{qsl,clou,es}$	1,100	$\Gamma_{qsl,tirant,ab}$	1,400	$\Gamma_{qsl,tirant,es}$	1,000	$\Gamma_{qsl,bande}$	1,100
Γ_{pl}	1,400	$\Gamma_{a,clou}$	1,000	$\Gamma_{a,tirant}$	1,000	$\Gamma_{a,bande}$	1,250	Γ_{buton}	1,000	Γ_{s3}	1,100

Type de surface de rupture : Circulaire manuelle

Origine du quadrillage manuel : X= -170,000; Y= 288,500

Incrément en X / Incrément en Y : X= 5,000; Y= 5,000

Angle du maillage par rapport à : l'horizontale= 0,00; la verticale= 0,00

Nombre de centres en X / en Y : en X= 10; en Y= 10

Incrément sur le rayon : 1,000

Nombre d'incrément sur le rayon : 10

Abcisse émergence limite aval : -169,500

Type de recherche : Point de passage imposé

Point de passage imposé : X= -199,500; Y= 251,500

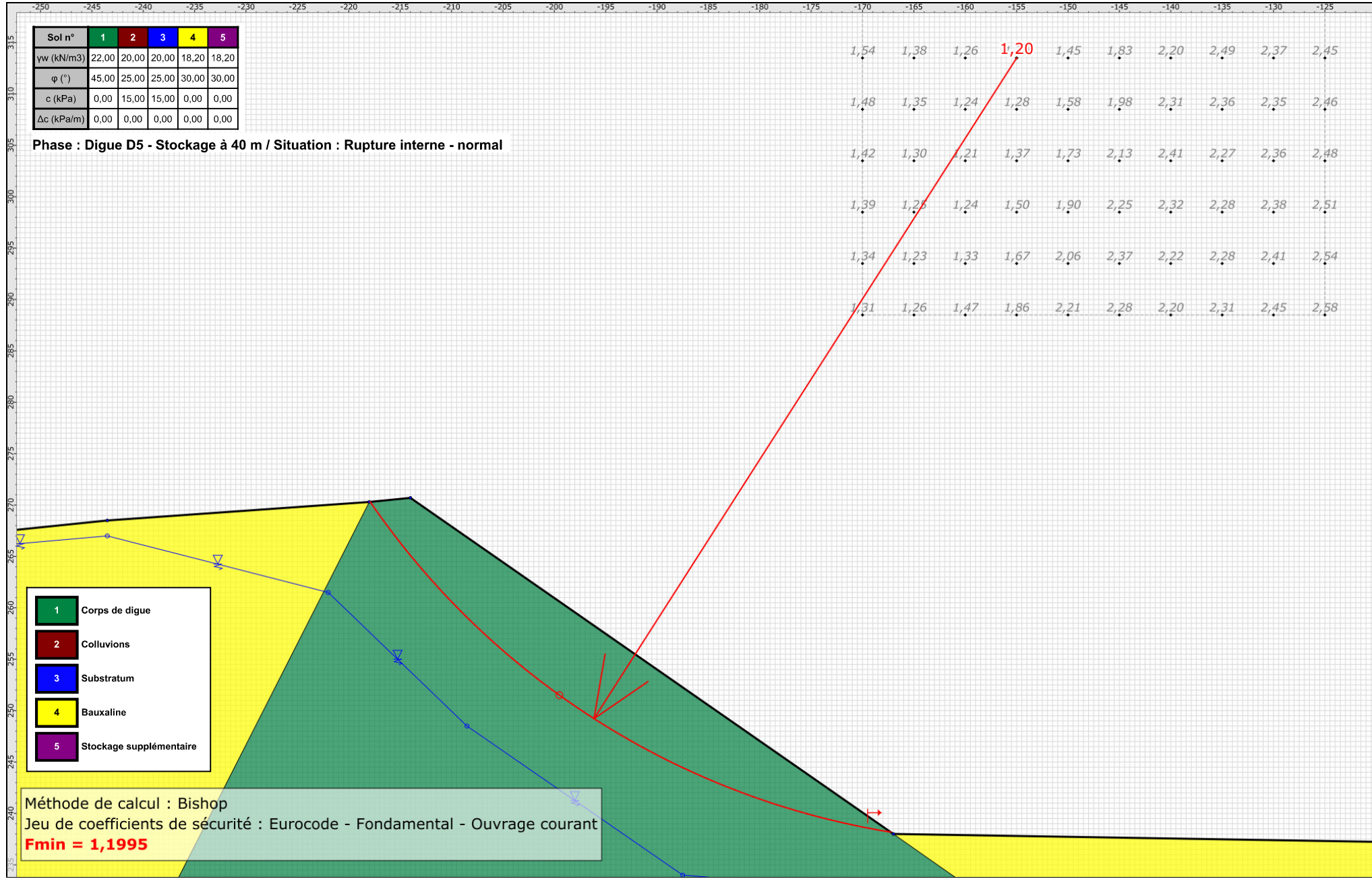
Nombre de tranches : 100

Prise en compte du séisme : Non

Résultats

Coefficient de sécurité minimal : 1,1995

Coordonnées du centre critique et rayon du cercle critique : N°= 531; X0= -155,00; Y0= 313,50; R= 76,31



Talren v5
v5.1.4

Imprimé le : 16 févr. 2016 14:21:03
 Calcul réalisé par : ANTEA

Projet : Altéo Mange-Garri - Digue D5

Données de la situation 2

Nom de la phase : Digue D5 - Stockage à 40 m

Nom de la situation : Rupture interne - séisme

Méthode de calcul : Bishop

Jeu de coefficients de sécurité pour cette situation : Eurocode - Sismique

Détail du jeu de coefficients de sécurité

Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient
Γ_{min}	1,000	Γ_{s1}	1,000	Γ_{s1}	1,000	Γ_{ϕ}	1,250	$\Gamma_{c'}$	1,250	Γ_{cu}	1,400
Γ_Q	1,000	$\Gamma_{qsl,clou,ab}$	1,000	$\Gamma_{qsl,clou,es}$	1,100	$\Gamma_{qsl,tirant,ab}$	1,400	$\Gamma_{qsl,tirant,es}$	1,000	$\Gamma_{qsl,bande}$	1,100
Γ_{pl}	1,400	$\Gamma_{a,clou}$	1,000	$\Gamma_{a,tirant}$	1,000	$\Gamma_{a,bande}$	1,250	Γ_{buton}	1,000	Γ_{s3}	1,000

Type de surface de rupture : Circulaire manuelle

Origine du quadrillage manuel : X= -170,000; Y= 290,000

Incrément en X / Incrément en Y : X= 2,000; Y= 2,000

Angle du maillage par rapport à : l'horizontale= 0,00; la verticale= 0,00

Nombre de centres en X / en Y : en X= 10; en Y= 10

Incrément sur le rayon : 1,000

Nombre d'incrément sur le rayon : 10

Abscisse émergence limite aval : -324,000

Type de recherche : Point de passage imposé

Point de passage imposé : X= -180,000; Y= 241,000

Nombre de tranches : 100

Prise en compte du séisme : Oui

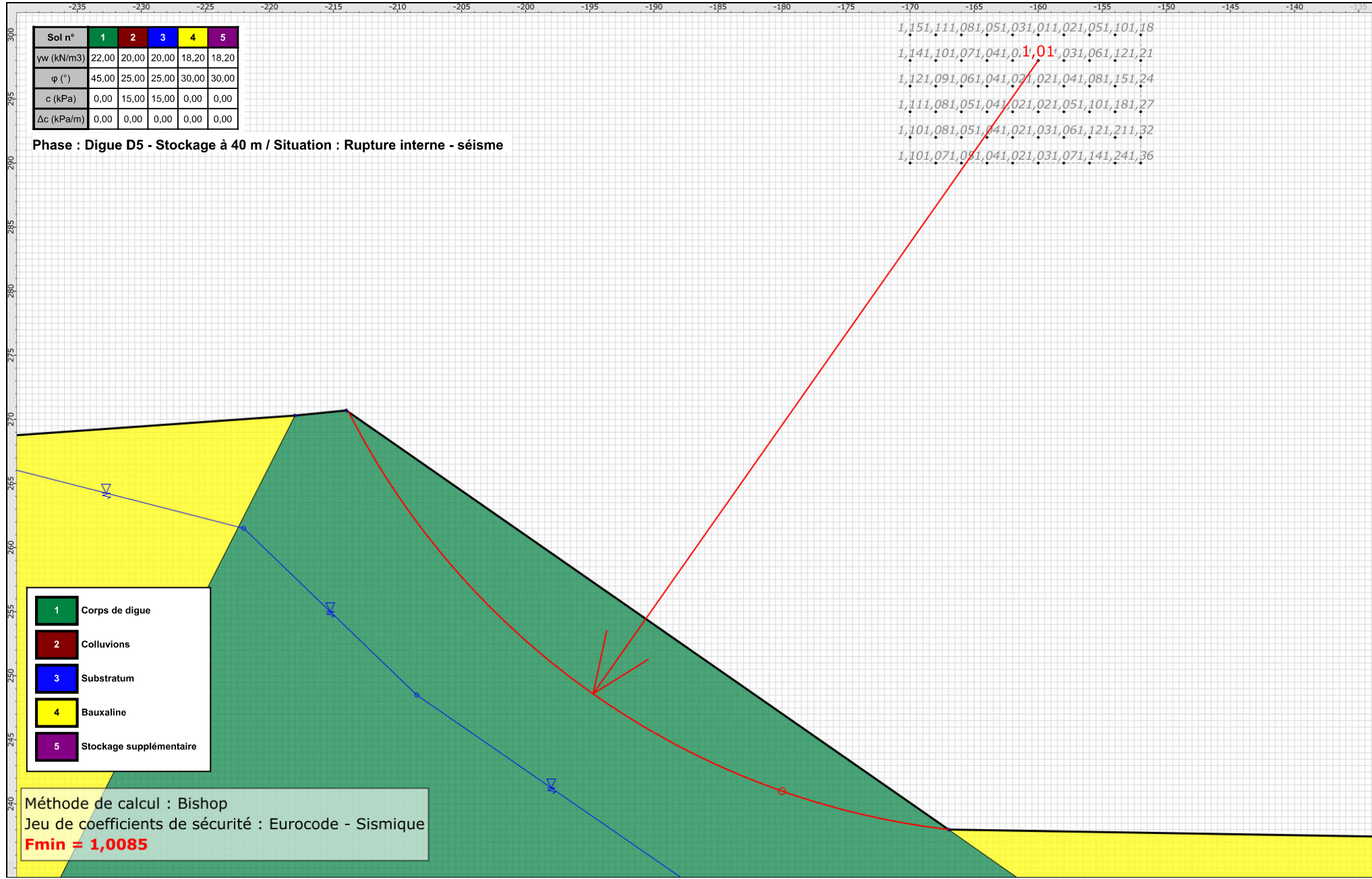
Coefficient ah/g (accélération horizontale) : 0,153

Coefficient av/g (accélération verticale) : 0,077

Résultats

Coefficient de sécurité minimal : 1,0085

Coordonnées du centre critique et rayon du cercle critique : N°= 451; X0= -160,00; Y0= 298,00; R= 60,40



Données de la situation 3

Nom de la phase : Digue D5 - Stockage à 40 m

Nom de la situation : Grands glissements - normal

Méthode de calcul : Bishop

Jeu de coefficients de sécurité pour cette situation : Eurocode - Fondamental - Ouvrage courant

Détail du jeu de coefficients de sécurité

Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient
Γ_{min}	1,000	Γ_{s1}	1,000	Γ_{s1}	1,000	Γ_{ϕ}	1,250	$\Gamma_{c'}$	1,250	Γ_{cu}	1,400
Γ_Q	1,300	$\Gamma_{qsl,clou,ab}$	1,000	$\Gamma_{qsl,clou,es}$	1,100	$\Gamma_{qsl,tirant,ab}$	1,400	$\Gamma_{qsl,tirant,es}$	1,000	$\Gamma_{qsl,bande}$	1,100
Γ_{pl}	1,400	$\Gamma_{a,clou}$	1,000	$\Gamma_{a,tirant}$	1,000	$\Gamma_{a,bande}$	1,250	Γ_{buton}	1,000	Γ_{s3}	1,100

Type de surface de rupture : Circulaire manuelle

Origine du quadrillage manuel : X= -192,500; Y= 444,000

Incrément en X / Incrément en Y : X= 3,000; Y= 3,000

Angle du maillage par rapport à : l'horizontale= 0,00; la verticale= 0,00

Nombre de centres en X / en Y : en X= 10; en Y= 10

Incrément sur le rayon : 1,000

Nombre d'incrément sur le rayon : 10

Abscisse émergence limite aval : -550,000

Type de recherche : Point de passage imposé

Point de passage imposé : X= -137,000; Y= 219,500

Nombre de tranches : 100

Prise en compte du séisme : Non

Conditions de passage dans certains sols : Passage refusé dans Substratum
et
Passage imposé dans Colluvions

Résultats

Coefficient de sécurité minimal : 1,7941

Coordonnées du centre critique et rayon du cercle critique : N°= 78; X0= -183,50; Y0= 453,00; R= 239,08

Données de la situation 4

Nom de la phase : Digue D5 - Stockage à 40 m

Nom de la situation : Grands glissements - séisme

Méthode de calcul : Bishop

Jeu de coefficients de sécurité pour cette situation : Eurocode - Sismique

Détail du jeu de coefficients de sécurité

Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient
Γ_{min}	1,000	Γ_{s1}	1,000	Γ_{s1}	1,000	Γ_{ϕ}	1,250	$\Gamma_{c'}$	1,250	Γ_{cu}	1,400
Γ_Q	1,000	$\Gamma_{qsl,clou,ab}$	1,000	$\Gamma_{qsl,clou,es}$	1,100	$\Gamma_{qsl,tirant,ab}$	1,400	$\Gamma_{qsl,tirant,es}$	1,000	$\Gamma_{qsl,bande}$	1,100
Γ_{pl}	1,400	$\Gamma_{a,clou}$	1,000	$\Gamma_{a,tirant}$	1,000	$\Gamma_{a,bande}$	1,250	Γ_{buton}	1,000	Γ_{s3}	1,000

Type de surface de rupture : Circulaire manuelle

Origine du quadrillage manuel : X= -204,500; Y= 457,000

Incrément en X / Incrément en Y : X= 3,000; Y= 3,000

Angle du maillage par rapport à : l'horizontale= 0,00; la verticale= 0,00

Nombre de centres en X / en Y : en X= 10; en Y= 10

Incrément sur le rayon : 1,000

Nombre d'incrément sur le rayon : 10

Abscisse émergence limite aval : -550,000

Type de recherche : Point de passage imposé

Point de passage imposé : X= -137,000; Y= 219,500

Nombre de tranches : 100

Prise en compte du séisme : Oui

Coefficient ah/g (accélération horizontale) : 0,153

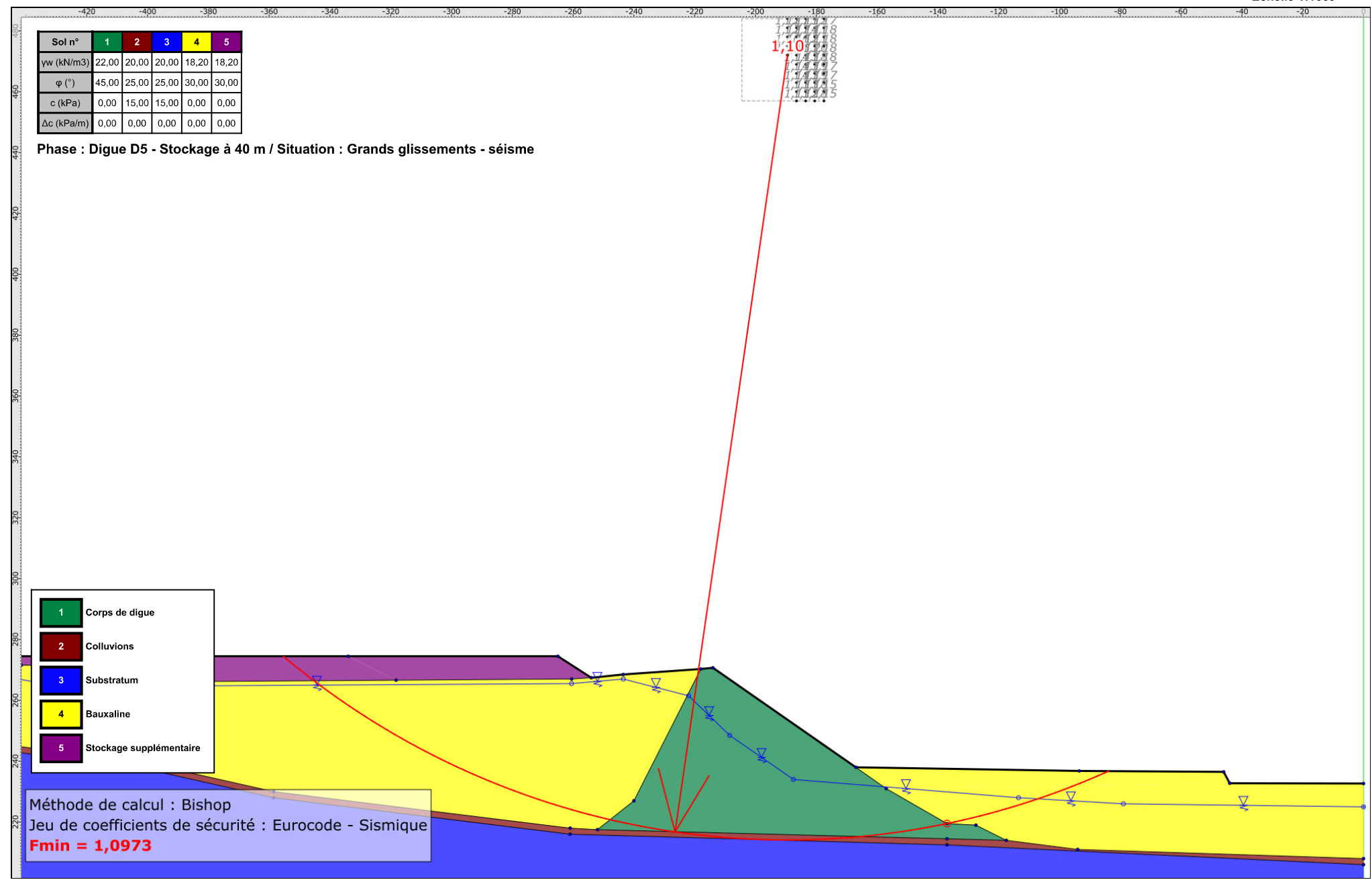
Coefficient av/g (accélération verticale) : 0,077

Conditions de passage dans certains sols : Passage refusé dans Substratum
et
Passage imposé dans Colluvions

Résultats

Coefficient de sécurité minimal : 1,0973

Coordonnées du centre critique et rayon du cercle critique : N°= 90; X0= -189,50; Y0= 472,00; R= 257,90



Données du projet

Numéro d'affaire : PACP150231

Titre du calcul : Altéo Mange-Garri - Digue D6

Lieu : Bouc Bel Air

Commentaires : N/A

Système d'unités : kN, kPa, kN/m³

γ_w : 10.0

Couches de sol

	Nom	Couleur	γ	ϕ	c	Δc	qs clous	pl	KsB	Anisotropie	Favorable	Coefficients de sécurité spécifiques
1	Corps de digue		22,0	45,00	0,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non
2	Colluvions		20,0	25,00	15,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non
3	Substratum		20,0	30,00	25,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non
4	Bauxaline		18,2	30,00	0,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non
5	Stockage supplémentaire		18,2	30,00	0,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non

Couches de sol (cont.)

	Nom	Couleur	$\Gamma\gamma$	Γc	$\Gamma \tan(\phi)$	Type de cohésion	Courbe
1	Corps de digue		-	-	-	Effective	Linéaire
2	Colluvions		-	-	-	Effective	Linéaire
3	Substratum		-	-	-	Effective	Linéaire
4	Bauxaline		-	-	-	Effective	Linéaire
5	Stockage supplémentaire		-	-	-	Effective	Linéaire

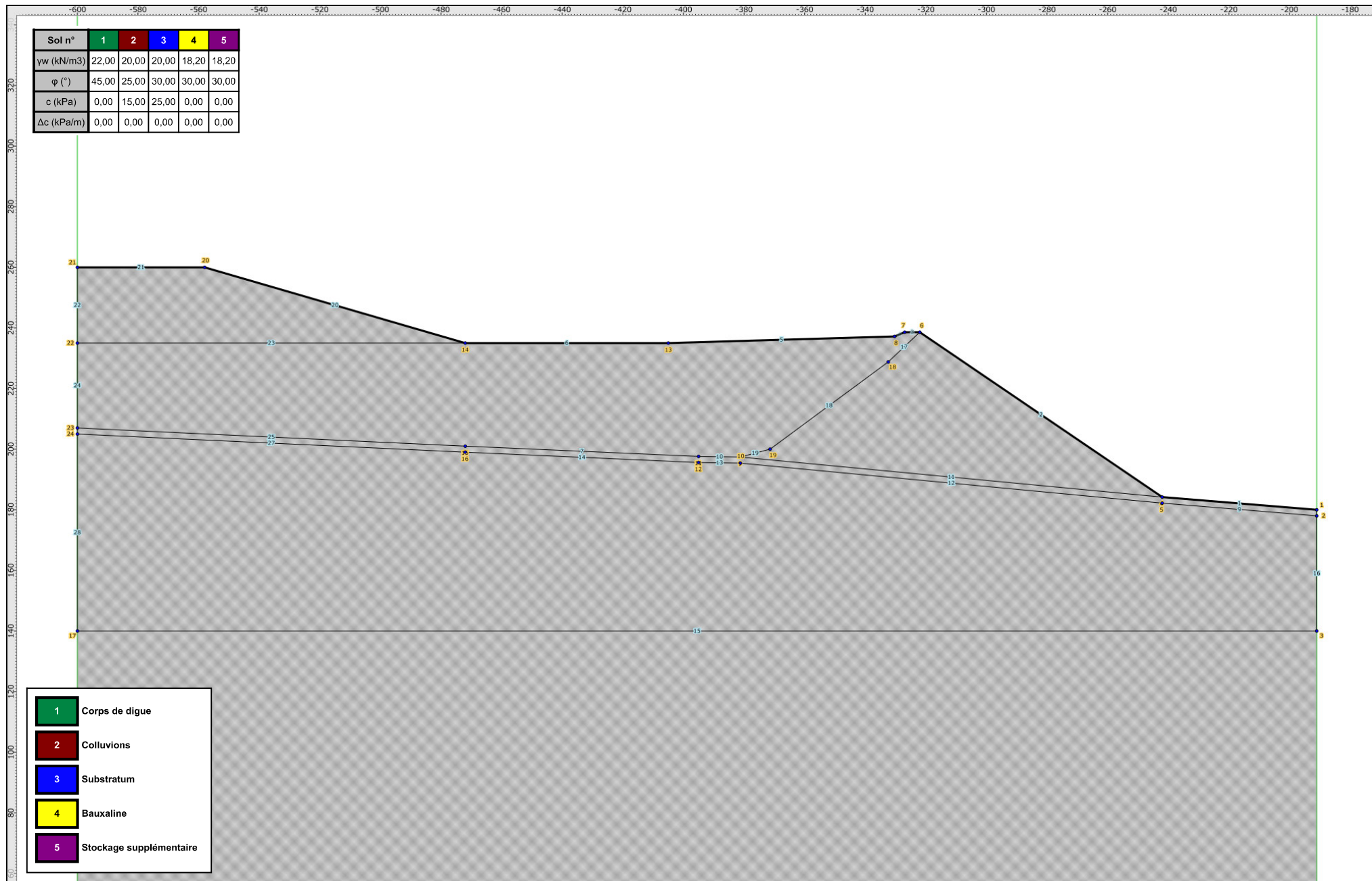
Points

	X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y			
1	-191,000	180,000	2	-191,000	178,000	3	-191,000	140,000	4	-242,000	184,200	5	-242,000	182,200	6	-322,000	238,600	7	-327,000	238,600
8	-330,300	237,200	9	-381,200	197,400	10	-381,200	195,400	11	-395,000	197,600	12	-395,000	195,600	13	-405,000	235,000	14	-472,000	235,000
15	-472,000	201,000	16	-472,000	199,000	17	-600,000	140,000	18	-332,400	228,800	19	-371,400	200,000	20	-558,000	260,000	21	-600,000	260,000
22	-600,000	235,000	23	-600,000	207,000	24	-600,000	205,000												

Segments

	Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2
1	1	4	2	4	6	3	6	7	4	7	8	5	8	13	6	13	14	7	15	11
8	1	2	9	2	5	10	11	9	11	9	4	12	5	10	13	10	12	14	12	16
15	17	3	16	3	2	17	6	18	18	18	19	19	19	9	20	14	20	21	20	21
22	21	22	23	22	14	24	22	23	25	23	15	26	23	24	27	24	16	28	24	17

Sol n°	1	2	3	4	5
γw (kN/m ³)	22,00	20,00	20,00	18,20	18,20
φ (°)	45,00	25,00	30,00	30,00	30,00
c (kPa)	0,00	15,00	25,00	0,00	0,00
Δc (kPa/m)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00



- 1 Corps de digue
- 2 Colluvions
- 3 Substratum
- 4 Bauxaline
- 5 Stockage supplémentaire



Talren v5
v5.1.4

Imprimé le : 16 févr. 2016 14:19:11
Calcul réalisé par : ANTEA

Projet : Altéo Mange-Garri - Digue D6

Données de la phase 1

Nom de la phase : Digue 6 - Stockage à 90 m (scénario 3)

Détermination de l'enveloppe du talus : automatique

Segments de la phase

	Point 1	Point 2	Sol sous-jacent		Point 1	Point 2	Sol sous-jacent		Point 1	Point 2	Sol sous-jacent
1	1	4	Colluvions	2	4	6	Corps de digue	3	6	7	Bauxaline
4	7	8	Bauxaline	5	8	13	Bauxaline	6	13	14	Bauxaline
7	15	11	Colluvions	8	1	2	Colluvions	9	2	5	-
10	11	9	Colluvions	11	9	4	Colluvions	12	5	10	-
13	10	12	-	14	12	16	-	16	3	2	-
17	6	18	Corps de digue	18	18	19	Corps de digue	19	19	9	Corps de digue
20	14	20	Stockage supplémentaire	21	20	21	Stockage supplémentaire	22	21	22	Stockage supplémentaire
23	22	14	Bauxaline	24	22	23	Bauxaline	25	23	15	Colluvions
26	23	24	Colluvions	27	24	16	-	28	24	17	-

Liste des éléments activés

Conditions hydrauliques : Nappe phréatique

Toit de la nappe

	X	Y	Angle		X	Y	Angle		X	Y	Angle		X	Y	Angle				
1	-600,000	260,500	0,00	2	-558,500	260,000	0,00	3	-472,500	234,500	0,00	4	-420,500	235,000	0,00	5	-392,000	233,500	0,00
6	-375,000	232,500	0,00	7	-363,500	231,000	0,00	8	-355,500	226,500	0,00	9	-348,500	212,500	0,00	10	-341,500	193,500	0,00
11	-242,000	184,246	0,00	12	-191,000	180,000	0,00												

Données de la situation 1

Nom de la phase : Digue 6 - Stockage à 90 m (scénario 3)

Nom de la situation : Digue D6 - Rupture interne - normal

Méthode de calcul : Bishop

Jeu de coefficients de sécurité pour cette situation : Eurocode - Fondamental - Ouvrage courant

Détail du jeu de coefficients de sécurité

Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient
Γ_{min}	1,000	Γ_{s1}	1,000	Γ_{s1}	1,000	Γ_{ϕ}	1,250	$\Gamma_{c'}$	1,250	Γ_{cu}	1,400
Γ_Q	1,300	$\Gamma_{qsl,clou,ab}$	1,000	$\Gamma_{qsl,clou,es}$	1,100	$\Gamma_{qsl,tirant,ab}$	1,400	$\Gamma_{qsl,tirant,es}$	1,000	$\Gamma_{qsl,bande}$	1,100
Γ_{pl}	1,400	$\Gamma_{a,clou}$	1,000	$\Gamma_{a,tirant}$	1,000	$\Gamma_{a,bande}$	1,250	Γ_{buton}	1,000	Γ_{s3}	1,100

Type de surface de rupture : Circulaire manuelle

Origine du quadrillage manuel : X= -263,500; Y= 245,500

Incrément en X / Incrément en Y : X= 10,000; Y= 10,000

Angle du maillage par rapport à : l'horizontale= 0,00; la verticale= 0,00

Nombre de centres en X / en Y : en X= 10; en Y= 10

Incrément sur le rayon : 1,000

Nombre d'incrément sur le rayon : 10

Abscisse émergence limite aval : -261,000

Type de recherche : Point de passage imposé

Point de passage imposé : X= -307,000; Y= 212,500

Nombre de tranches : 100

Prise en compte du séisme : Non

Conditions de passage dans certains sols : Passage refusé dans Substratum

Résultats

Coefficient de sécurité minimal : 1,1609

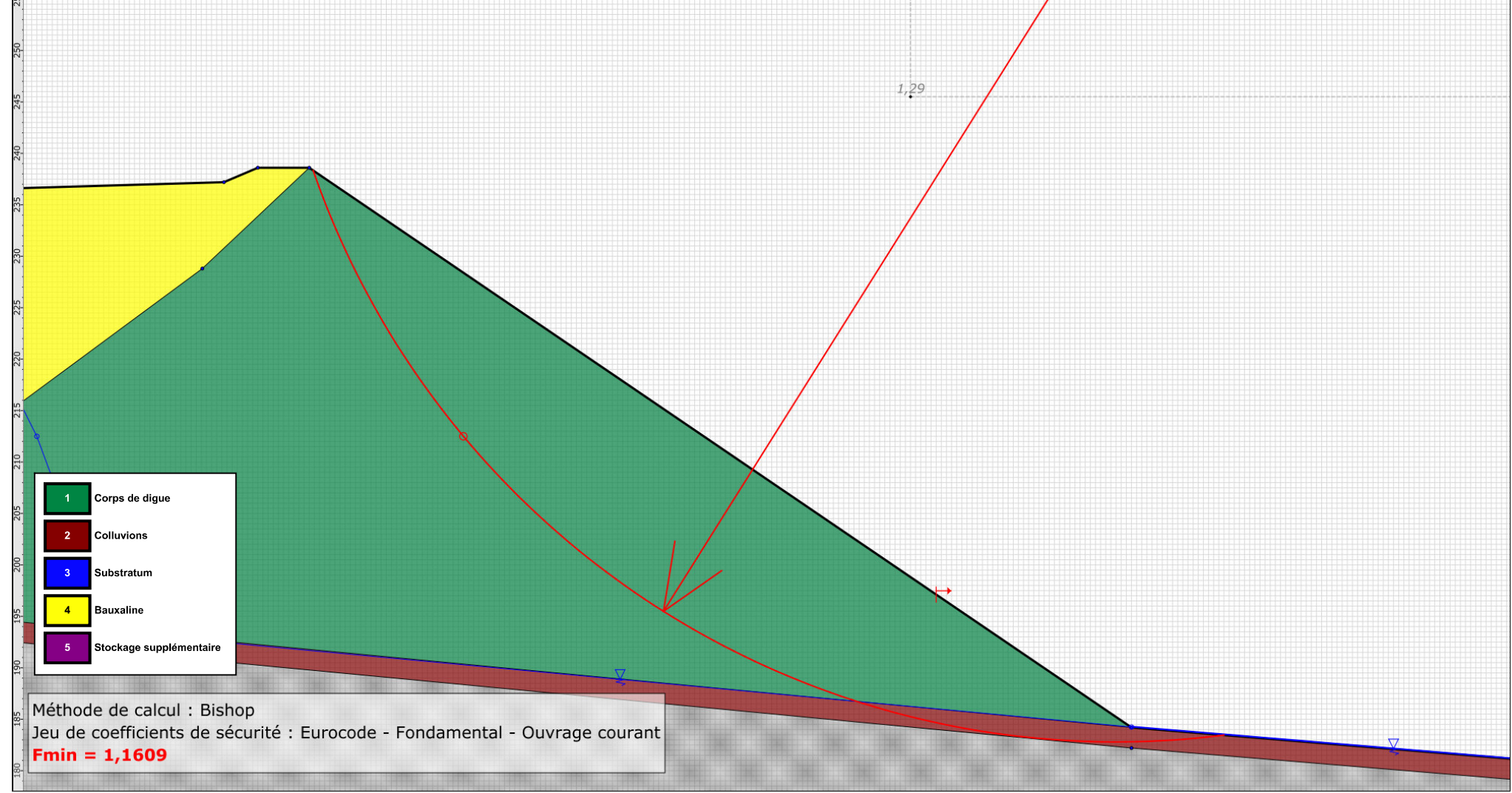
Coordonnées du centre critique et rayon du cercle critique : N°= 59; X0= -243,50; Y0= 265,50; R= 82,71

-345 -340 -335 -330 -325 -320 -315 -310 -305 -300 -295 -290 -285 -280 -275 -270 -265 -260 -255 -250 -245 -240 -235 -230 -225 -220 -215 -210

Sol n°	1	2	3	4	5
γw (kN/m3)	22,00	20,00	20,00	18,20	18,20
φ (°)	45,00	25,00	30,00	30,00	30,00
c (kPa)	0,00	15,00	25,00	0,00	0,00
Δc (kPa/m)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Phase : Digue 6 - Stockage à 90 m (scénario 3) / Situation : Digue D6 - Rupture interne - normal

1,35
1,22
1,16
1,33
1,19
1,29



- 1 Corps de digue
- 2 Colluvions
- 3 Substratum
- 4 Bauxaline
- 5 Stockage supplémentaire

Méthode de calcul : Bishop
 Jeu de coefficients de sécurité : Eurocode - Fondamental - Ouvrage courant
Fmin = 1,1609



Talren v5
v5.1.4

Imprimé le : 16 févr. 2016 14:19:12
Calcul réalisé par : ANTEA

Projet : Altéo Mange-Garri - Digue D6

Données de la situation 2

Nom de la phase : Digue 6 - Stockage à 90 m (scénario 3)

Nom de la situation : Digue D6 - Rupture interne - séisme

Méthode de calcul : Bishop

Jeu de coefficients de sécurité pour cette situation : Eurocode - Sismique

Détail du jeu de coefficients de sécurité

Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient
Γ_{min}	1,000	Γ_{s1}	1,000	Γ_{s1}	1,000	Γ_{ϕ}	1,250	$\Gamma_{c'}$	1,250	Γ_{cu}	1,400
Γ_Q	1,000	$\Gamma_{qsl,clou,ab}$	1,000	$\Gamma_{qsl,clou,es}$	1,100	$\Gamma_{qsl,tirant,ab}$	1,400	$\Gamma_{qsl,tirant,es}$	1,000	$\Gamma_{qsl,bande}$	1,100
Γ_{pl}	1,400	$\Gamma_{a,clou}$	1,000	$\Gamma_{a,tirant}$	1,000	$\Gamma_{a,bande}$	1,250	Γ_{buton}	1,000	Γ_{s3}	1,000

Type de surface de rupture : Circulaire manuelle

Origine du quadrillage manuel : X= -259,000; Y= 233,500

Incrément en X / Incrément en Y : X= 10,000; Y= 10,000

Angle du maillage par rapport à : l'horizontale= 0,00; la verticale= 0,00

Nombre de centres en X / en Y : en X= 10; en Y= 10

Incrément sur le rayon : 1,000

Nombre d'incrément sur le rayon : 10

Abscisse émergence limite aval : -251,500

Type de recherche : Point de passage imposé

Point de passage imposé : X= -301,500; Y= 201,500

Nombre de tranches : 100

Prise en compte du séisme : Oui

Coefficient ah/g (accélération horizontale) : 0,153

Coefficient av/g (accélération verticale) : 0,077

Conditions de passage dans certains sols : Passage refusé dans Substratum

Résultats

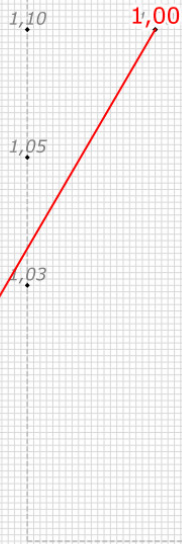
Coefficient de sécurité minimal : 1,0032

Coordonnées du centre critique et rayon du cercle critique : N°= 57; X0= -249,00; Y0= 273,50; R= 90,10

-360 -355 -350 -345 -340 -335 -330 -325 -320 -315 -310 -305 -300 -295 -290 -285 -280 -275 -270 -265 -260 -255 -250 -245 -240 -235 -230 -225 -220 -215 -210

Sol n°	1	2	3	4	5
γw (kN/m3)	22,00	20,00	20,00	18,20	18,20
φ (°)	45,00	25,00	30,00	30,00	30,00
c (kPa)	0,00	15,00	25,00	0,00	0,00
Δc (kPa/m)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Phase : Digue 6 - Stockage à 90 m (scénario 3) / Situation : Digue D6 - Rupture interne - séisme



- 1 Corps de digue
- 2 Colluvions
- 3 Substratum
- 4 Bauxaline
- 5 Stockage supplémentaire

Méthode de calcul : Bishop
 Jeu de coefficients de sécurité : Eurocode - Sismique
Fmin = 1,0032



Talren v5
v5.1.4

Imprimé le : 16 févr. 2016 14:19:13
Calcul réalisé par : ANTEA

Projet : Altéo Mange-Garri - Digue D6

Données de la situation 3

Nom de la phase : Digue 6 - Stockage à 90 m (scénario 3)

Nom de la situation : Digue D6 - Grands glissements - normal

Méthode de calcul : Bishop

Jeu de coefficients de sécurité pour cette situation : Eurocode - Fondamental - Ouvrage courant

Détail du jeu de coefficients de sécurité

Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient
Γ_{min}	1,000	Γ_{s1}	1,000	Γ_{s1}	1,000	Γ_{ϕ}	1,250	$\Gamma_{c'}$	1,250	Γ_{cu}	1,400
Γ_Q	1,300	$\Gamma_{qsl,clou,ab}$	1,000	$\Gamma_{qsl,clou,es}$	1,100	$\Gamma_{qsl,tirant,ab}$	1,400	$\Gamma_{qsl,tirant,es}$	1,000	$\Gamma_{qsl,bande}$	1,100
Γ_{pl}	1,400	$\Gamma_{a,clou}$	1,000	$\Gamma_{a,tirant}$	1,000	$\Gamma_{a,bande}$	1,250	Γ_{buton}	1,000	Γ_{s3}	1,100

Type de surface de rupture : Circulaire automatique

Nombre de découpages : 10

Incrément sur le rayon : 1,000

Abscisse émergence limite aval : -564,500

Type de recherche : Point de passage imposé

Point de passage imposé : X= -242,500; Y= 187,500

Nombre de tranches : 100

Prise en compte du séisme : Non

Conditions de passage dans certains sols : Passage imposé dans Colluvions
et
Passage imposé dans Stockage supplémentaire

Résultats

Coefficient de sécurité minimal : 1,5787

Coordonnées du centre critique et rayon du cercle critique : N°= 35; X0= -198,40; Y0= 1264,08; R= 1080,48

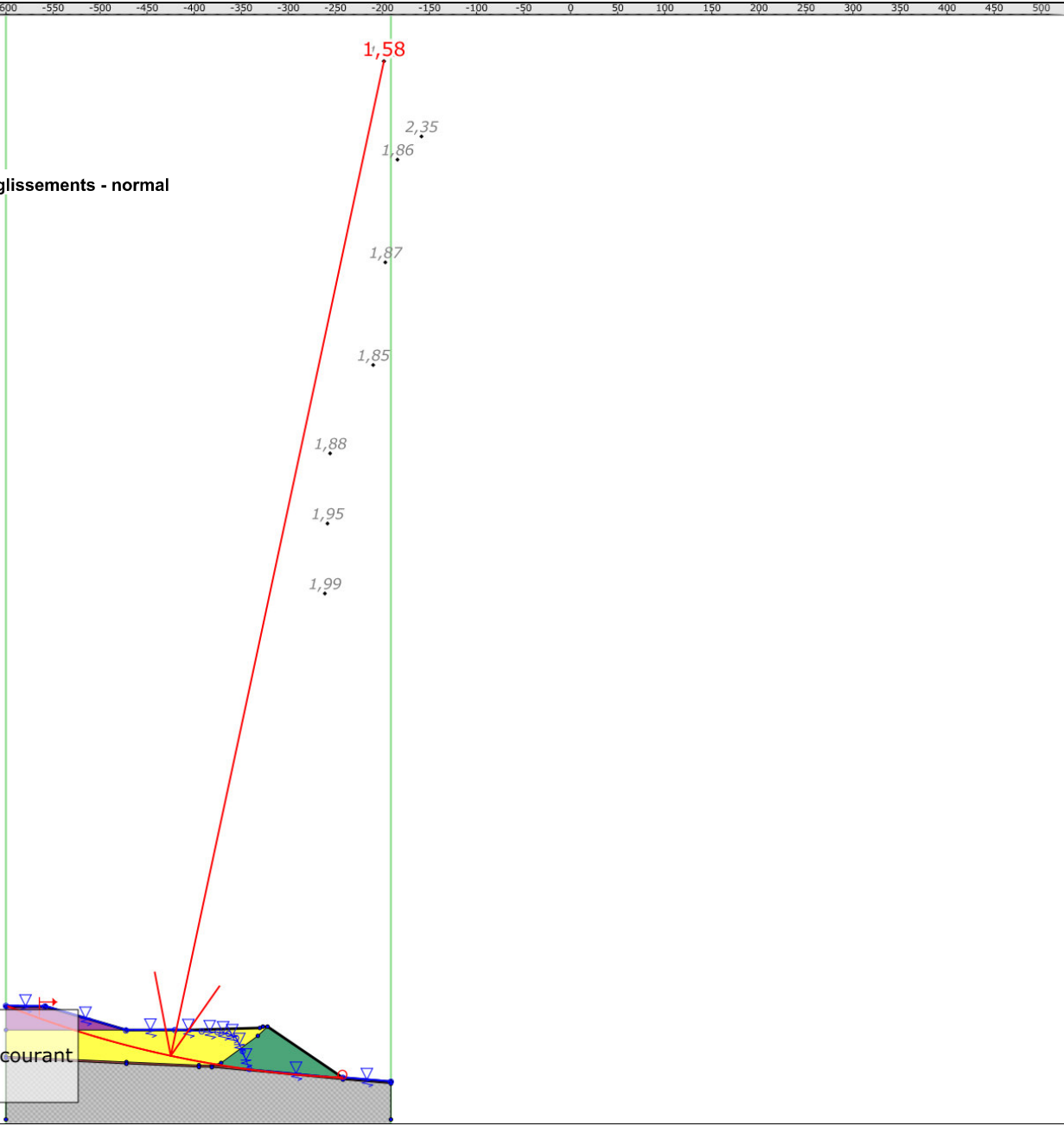


Sol n°	1	2	3	4	5
γw (kN/m3)	22,00	20,00	20,00	18,20	18,20
φ (°)	45,00	25,00	30,00	30,00	30,00
c (kPa)	0,00	15,00	25,00	0,00	0,00
Δc (kPa/m)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Phase : Digue 6 - Stockage à 90 m (scénario 3) / Situation : Digue D6 - Grands glissements - normal

- 1 Corps de digue
- 2 Colluvions
- 3 Substratum
- 4 Bauxaline
- 5 Stockage supplémentaire

Méthode de calcul : Bishop
 Jeu de coefficients de sécurité : Eurocode - Fondamental - Ouvrage courant
Fmin = 1,5787



Talren v5
v5.1.4

Imprimé le : 16 févr. 2016 14:19:14
Calcul réalisé par : ANTEA

Projet : Altéo Mange-Garri - Digue D6

Données de la situation 4

Nom de la phase : Digue 6 - Stockage à 90 m (scénario 3)

Nom de la situation : Digue D6 - Grands glissements - séisme

Méthode de calcul : Bishop

Jeu de coefficients de sécurité pour cette situation : Eurocode - Sismique

Détail du jeu de coefficients de sécurité

Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient
Γ_{min}	1,000	Γ_{s1}	1,000	Γ_{s1}	1,000	Γ_{ϕ}	1,250	$\Gamma_{c'}$	1,250	Γ_{cu}	1,400
Γ_Q	1,000	$\Gamma_{qsl,clou,ab}$	1,000	$\Gamma_{qsl,clou,es}$	1,100	$\Gamma_{qsl,tirant,ab}$	1,400	$\Gamma_{qsl,tirant,es}$	1,000	$\Gamma_{qsl,bande}$	1,100
Γ_{pl}	1,400	$\Gamma_{a,clou}$	1,000	$\Gamma_{a,tirant}$	1,000	$\Gamma_{a,bande}$	1,250	Γ_{buton}	1,000	Γ_{s3}	1,000

Type de surface de rupture : Circulaire automatique

Nombre de découpages : 10

Incrément sur le rayon : 1,000

Abscisse émergence limite aval : -568,500

Type de recherche : Point de passage imposé

Point de passage imposé : X= -242,000; Y= 184,200

Nombre de tranches : 100

Prise en compte du séisme : Oui

Coefficient ah/g (accélération horizontale) : 0,153

Coefficient av/g (accélération verticale) : 0,077

Conditions de passage dans certains sols : Passage imposé dans Colluvions
et
Passage imposé dans Stockage supplémentaire

Résultats

Coefficient de sécurité minimal : 1,0136

Coordonnées du centre critique et rayon du cercle critique : N°= 38; X0= -188,24; Y0= 1263,88; R= 1081,01

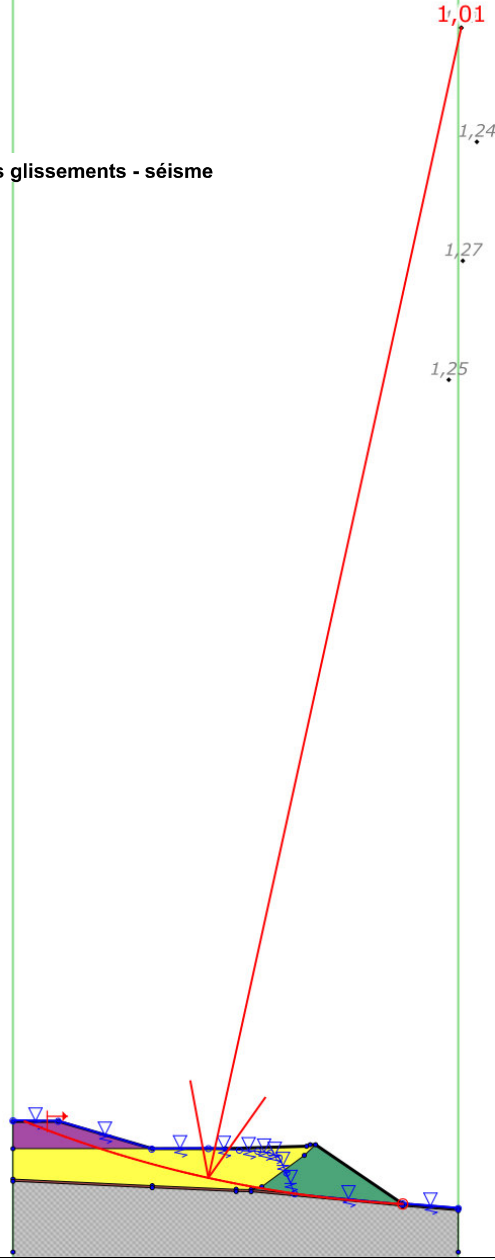


Sol n°	1	2	3	4	5
γw (kN/m3)	22,00	20,00	20,00	18,20	18,20
φ (°)	45,00	25,00	30,00	30,00	30,00
c (kPa)	0,00	15,00	25,00	0,00	0,00
Δc (kPa/m)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Phase : Digue 6 - Stockage à 90 m (scénario 3) / Situation : Digue D6 - Grands glissements - séisme

- 1 Corps de digue
- 2 Colluvions
- 3 Substratum
- 4 Bauxaline
- 5 Stockage supplémentaire

Méthode de calcul : Bishop
 Jeu de coefficients de sécurité : Eurocode - Sismique
Fmin = 1,0136



Talren v5
v5.1.4

Imprimé le : 16 févr. 2016 14:19:14
Calcul réalisé par : ANTEA

Projet : Altéo Mange-Garri - Digue D6

Données du projet

Numéro d'affaire : PACP150231

Titre du calcul : Altéo Mange-Garri - digue D7

Lieu : Bouc Bel Air

Commentaires : N/A

Système d'unités : kN, kPa, kN/m³

γw : 10.0

Couches de sol

	Nom	Couleur	γ	φ	c	Δc	qs clous	pl	KsB	Anisotropie	Favorable	Coefficients de sécurité spécifiques
1	Bauxaline		18,2	0,00	10,0	2,2	-	-	-	Non	Non	Non
2	Bauxaline indurée		18,5	30,00	0,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non
3	Enrochements		22,0	45,00	0,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non
4	Masque amont		22,0	45,00	0,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non
5	Limons		20,0	25,00	15,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non
6	Calcaire		20,0	25,00	15,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non

Couches de sol (cont.)

	Nom	Couleur	Γγ	Γc	Γtan(φ)	Type de cohésion	Courbe
1	Bauxaline		-	-	-	Non drainée	Linéaire
2	Bauxaline indurée		-	-	-	Effective	Linéaire
3	Enrochements		-	-	-	Effective	Linéaire
4	Masque amont		-	-	-	Effective	Linéaire
5	Limons		-	-	-	Effective	Linéaire
6	Calcaire		-	-	-	Effective	Linéaire

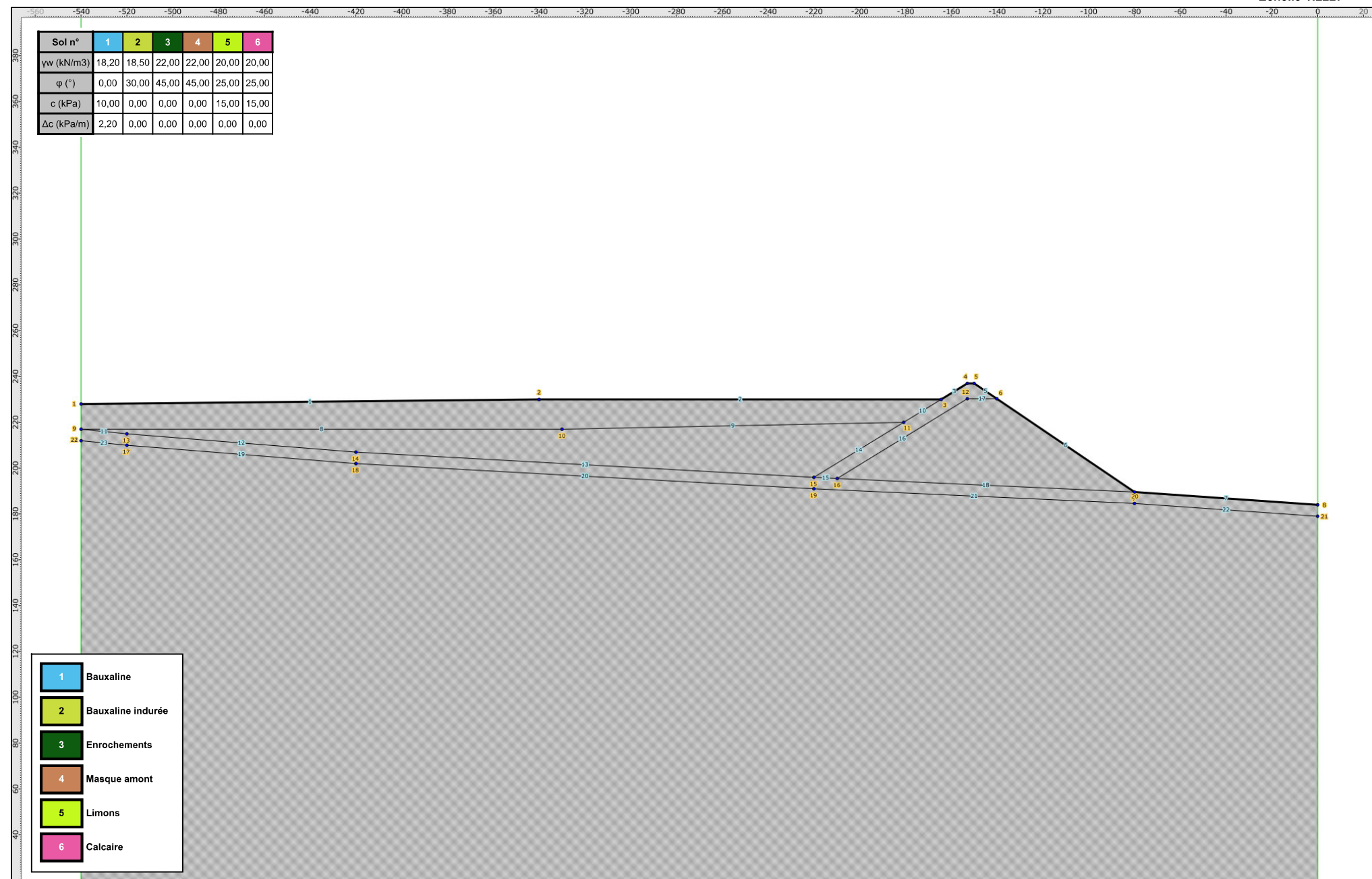
Points

	X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y			
1	-540,000	228,000	2	-340,000	230,000	3	-164,400	230,000	4	-153,000	237,000	5	-150,000	237,000	6	-140,100	230,300	7	-80,000	189,600
8	0,000	184,000	9	-540,000	217,000	10	-330,000	217,000	11	-180,800	220,000	12	-153,000	230,300	13	-520,000	215,000	14	-420,000	207,000
15	-220,000	196,000	16	-209,800	195,500	17	-520,000	210,000	18	-420,000	202,000	19	-220,000	191,000	20	-80,000	184,600	21	0,000	179,000
22	-540,000	212,000																		

Segments

	Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2	
1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6	6	7	7	7	8
8	9	10	9	10	11	10	11	3	11	9	13	12	13	14	13	14	15	14	15	11	
15	15	16	16	16	12	17	12	6	18	16	7	19	17	18	20	18	19	21	19	20	
22	20	21	23	17	22																

Sol n°	1	2	3	4	5	6
γ_w (kN/m ³)	18,20	18,50	22,00	22,00	20,00	20,00
φ (°)	0,00	30,00	45,00	45,00	25,00	25,00
c (kPa)	10,00	0,00	0,00	0,00	15,00	15,00
Δc (kPa/m)	2,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00



- 1 Bauxaline
- 2 Bauxaline indurée
- 3 Enrochements
- 4 Masque amont
- 5 Limons
- 6 Calcaire



Talren v5
v5.1.4

Imprimé le : 16 févr. 2016 14:17:40
Calcul réalisé par : ANTEA

Projet : Altéo Mange-Garri - digue D7

Données de la phase 1

Nom de la phase : Digue D7 - situation actuelle (02/2016)

Détermination de l'enveloppe du talus : automatique

Segments de la phase

	Point 1	Point 2	Sol sous-jacent		Point 1	Point 2	Sol sous-jacent		Point 1	Point 2	Sol sous-jacent
1	1	2	Bauxaline	2	2	3	Bauxaline	3	3	4	Masque amont
4	4	5	Masque amont	5	5	6	Masque amont	6	6	7	Enrochements
7	7	8	Limons	8	9	10	Bauxaline indurée	9	10	11	Bauxaline indurée
10	11	3	Masque amont	11	9	13	Limons	12	13	14	Limons
13	14	15	Limons	14	15	11	Masque amont	15	15	16	Limons
16	16	12	Enrochements	17	12	6	Enrochements	18	16	7	Limons
19	17	18	-	20	18	19	-	21	19	20	-
22	20	21	-	23	17	22	-				

Liste des éléments activés

Conditions hydrauliques : Nappe phréatique

Toit de la nappe

	X	Y	Angle		X	Y	Angle		X	Y	Angle		X	Y	Angle				
1	-540,000	230,000	0,00	2	-340,000	230,000	0,00	3	-183,500	230,000	0,00	4	-175,000	225,000	0,00	5	-161,000	213,000	0,00
6	-152,000	199,000	0,00	7	-145,500	194,000	0,00	8	-134,000	192,000	0,00	9	0,000	184,000	0,00				

Données de la situation 1

Nom de la phase : Digue D7 - situation actuelle (02/2016)

Nom de la situation : Rupture interne - normal

Méthode de calcul : Bishop

Jeu de coefficients de sécurité pour cette situation : Eurocode - Fondamental - Ouvrage courant

Détail du jeu de coefficients de sécurité

Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient
Γ_{min}	1,000	Γ_{s1}	1,000	Γ_{s1}	1,000	Γ_{ϕ}	1,250	$\Gamma_{c'}$	1,250	Γ_{cu}	1,400
Γ_Q	1,300	$\Gamma_{qsl,clou,ab}$	1,000	$\Gamma_{qsl,clou,es}$	1,100	$\Gamma_{qsl,tirant,ab}$	1,400	$\Gamma_{qsl,tirant,es}$	1,000	$\Gamma_{qsl,bande}$	1,100
Γ_{pl}	1,400	$\Gamma_{a,clou}$	1,000	$\Gamma_{a,tirant}$	1,000	$\Gamma_{a,bande}$	1,250	Γ_{buton}	1,000	Γ_{s3}	1,100

Type de surface de rupture : Circulaire manuelle

Origine du quadrillage manuel : X= -48,000; Y= 341,500

Incrément en X / Incrément en Y : X= 5,000; Y= 5,000

Angle du maillage par rapport à : l'horizontale= 0,00; la verticale= 0,00

Nombre de centres en X / en Y : en X= 10; en Y= 10

Incrément sur le rayon : 1,000

Nombre d'incrément sur le rayon : 40

Abscisse émergence limite aval : -200,000

Type de recherche : Point de passage imposé

Point de passage imposé : X= -156,500; Y= 230,000

Nombre de tranches : 50

Prise en compte du séisme : Non

Conditions de passage dans certains sols : Passage refusé dans Limons

Résultats

Coefficient de sécurité minimal : 1,2863

Coordonnées du centre critique et rayon du cercle critique : N°= 109; X0= -33,00; Y0= 371,50; R= 187,81

Sol n°	1	2	3	4	5	6
γw (kN/m ³)	18,20	18,50	22,00	22,00	20,00	20,00
φ (°)	0,00	30,00	45,00	45,00	25,00	25,00
c (kPa)	10,00	0,00	0,00	0,00	15,00	15,00
Δc (kPa/m)	2,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Phase : Digue D7 - situation actuelle (02/2016) / Situation : Rupture interne - normal

1,38,35,32,30
 1,36,33,31,29
 1,34,32,30
 1,33,31
 1,32,30
 1,31
 1,30

- 1 Bauxaline
- 2 Bauxaline indurée
- 3 Enrochements
- 4 Masque amont
- 5 Limons
- 6 Calcaire

Méthode de calcul : Bishop
 Jeu de coefficients de sécurité : Eurocode - Fondamental - Ouvrage courant
Fmin = 1,2863



Talren v5
v5.1.4

Imprimé le : 16 févr. 2016 14:17:40
 Calcul réalisé par : ANTEA

Projet : Altéo Mange-Garri - digue D7

Données de la situation 2

Nom de la phase : Digue D7 - situation actuelle (02/2016)

Nom de la situation : Rupture interne - séisme

Méthode de calcul : Bishop

Jeu de coefficients de sécurité pour cette situation : Eurocode - Sismique

Détail du jeu de coefficients de sécurité

Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient
Γ_{min}	1,000	Γ_{s1}	1,000	Γ_{s1}	1,000	Γ_{ϕ}	1,250	$\Gamma_{c'}$	1,250	Γ_{cu}	1,400
Γ_Q	1,000	$\Gamma_{qsl,clou,ab}$	1,000	$\Gamma_{qsl,clou,es}$	1,100	$\Gamma_{qsl,tirant,ab}$	1,400	$\Gamma_{qsl,tirant,es}$	1,000	$\Gamma_{qsl,bande}$	1,100
Γ_{pl}	1,400	$\Gamma_{a,clou}$	1,000	$\Gamma_{a,tirant}$	1,000	$\Gamma_{a,bande}$	1,250	Γ_{buton}	1,000	Γ_{s3}	1,000

Type de surface de rupture : Circulaire manuelle

Origine du quadrillage manuel : X= -49,500; Y= 345,000

Incrément en X / Incrément en Y : X= 5,000; Y= 5,000

Angle du maillage par rapport à : l'horizontale= 0,00; la verticale= 0,00

Nombre de centres en X / en Y : en X= 10; en Y= 10

Incrément sur le rayon : 1,000

Nombre d'incrément sur le rayon : 40

Abscisse émergence limite aval : -200,000

Type de recherche : Point de passage imposé

Point de passage imposé : X= -150,000; Y= 224,000

Nombre de tranches : 50

Prise en compte du séisme : Oui

Coefficient ah/g (accélération horizontale) : 0,153

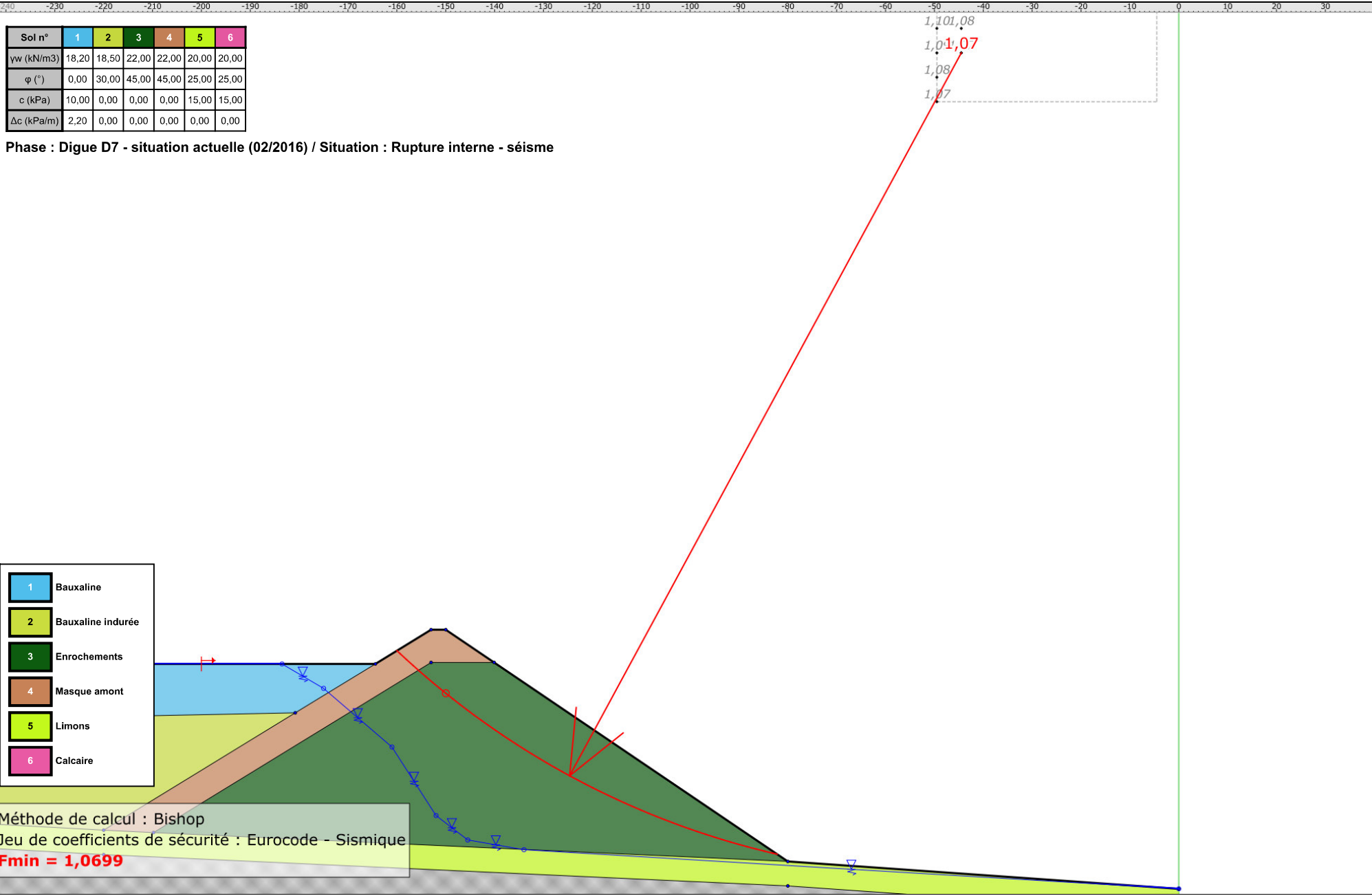
Coefficient av/g (accélération verticale) : 0,077

Conditions de passage dans certains sols : Passage refusé dans Limons

Résultats

Coefficient de sécurité minimal : 1,0699

Coordonnées du centre critique et rayon du cercle critique : N°= 31; X0= -44,50; Y0= 355,00; R= 168,20



Sol n°	1	2	3	4	5	6
γw (kN/m3)	18,20	18,50	22,00	22,00	20,00	20,00
φ (°)	0,00	30,00	45,00	45,00	25,00	25,00
c (kPa)	10,00	0,00	0,00	0,00	15,00	15,00
Δc (kPa/m)	2,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Phase : Digue D7 - situation actuelle (02/2016) / Situation : Rupture interne - séisme

- 1 Bauxaline
- 2 Bauxaline indurée
- 3 Enrochements
- 4 Masque amont
- 5 Limons
- 6 Calcaire

Méthode de calcul : Bishop
 Jeu de coefficients de sécurité : Eurocode - Sismique
Fmin = 1,0699



Talren v5
v5.1.4

Imprimé le : 16 févr. 2016 14:17:42
Calcul réalisé par : ANTEA

Projet : Altéo Mange-Garri - digue D7

Données de la situation 3

Nom de la phase : Digue D7 - situation actuelle (02/2016)

Nom de la situation : Grands glissements - normal

Méthode de calcul : Bishop

Jeu de coefficients de sécurité pour cette situation : Eurocode - Fondamental - Ouvrage courant

Détail du jeu de coefficients de sécurité

Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient
Γ_{min}	1,000	Γ_{s1}	1,000	Γ_{s1}	1,000	Γ_{ϕ}	1,250	$\Gamma_{c'}$	1,250	Γ_{cu}	1,400
Γ_Q	1,300	$\Gamma_{qsl,clou,ab}$	1,000	$\Gamma_{qsl,clou,es}$	1,100	$\Gamma_{qsl,tirant,ab}$	1,400	$\Gamma_{qsl,tirant,es}$	1,000	$\Gamma_{qsl,bande}$	1,100
Γ_{pl}	1,400	$\Gamma_{a,clou}$	1,000	$\Gamma_{a,tirant}$	1,000	$\Gamma_{a,bande}$	1,250	Γ_{buton}	1,000	Γ_{s3}	1,100

Type de surface de rupture : Circulaire manuelle

Origine du quadrillage manuel : X= -119,500; Y= 278,500

Incrément en X / Incrément en Y : X= 5,000; Y= 5,000

Angle du maillage par rapport à : l'horizontale= 0,00; la verticale= 0,00

Nombre de centres en X / en Y : en X= 10; en Y= 10

Incrément sur le rayon : 5,000

Nombre d'incrément sur le rayon : 50

Abscisse émergence limite aval : -335,500

Type de recherche : Point de passage imposé

Point de passage imposé : X= -80,000; Y= 189,600

Nombre de tranches : 49

Prise en compte du séisme : Non

Conditions de passage dans certains sols : Passage imposé dans Bauxaline
et
Passage imposé dans Bauxaline indurée

Résultats

Coefficient de sécurité minimal : 1,4577

Coordonnées du centre critique et rayon du cercle critique : N°= 76; X0= -109,50; Y0= 313,50; R= 127,36

-250 -245 -240 -235 -230 -225 -220 -215 -210 -205 -200 -195 -190 -185 -180 -175 -170 -165 -160 -155 -150 -145 -140 -135 -130 -125 -120 -115 -110 -105 -100 -95 -90 -85 -80 -75 -70 -65 -60 -55 -50 -45 -40 -35

Sol n°	1	2	3	4	5	6
γw (kN/m3)	18,20	18,50	22,00	22,00	20,00	20,00
φ (°)	0,00	30,00	45,00	45,00	25,00	25,00
c (kPa)	10,00	0,00	0,00	0,00	15,00	15,00
Δc (kPa/m)	2,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Phase : Digue D7 - situation actuelle (02/2016) / Situation : Grands glissements - normal

1,46 1,60
 1,54
 1,53
 1,53
 1,52

- 1 Bauxaline
- 2 Bauxaline indurée
- 3 Enrochements
- 4 Masque amont
- 5 Limons
- 6 Calcaire

Méthode de calcul : Bishop
 Jeu de coefficients de sécurité : Eurocode - Fondamental - Ouvrage courant
Fmin = 1,4577



Talren v5
v5.1.4

Imprimé le : 16 févr. 2016 14:17:42
Calcul réalisé par : ANTEA

Projet : Altéo Mange-Garri - digue D7

Données de la situation 4

Nom de la phase : Digue D7 - situation actuelle (02/2016)

Nom de la situation : Grands glissements - séisme

Méthode de calcul : Bishop

Jeu de coefficients de sécurité pour cette situation : Eurocode - Sismique

Détail du jeu de coefficients de sécurité

Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient
Γ_{min}	1,000	Γ_{s1}	1,000	Γ_{s1}	1,000	Γ_{ϕ}	1,250	$\Gamma_{c'}$	1,250	Γ_{cu}	1,400
Γ_Q	1,000	$\Gamma_{qsl,clou,ab}$	1,000	$\Gamma_{qsl,clou,es}$	1,100	$\Gamma_{qsl,tirant,ab}$	1,400	$\Gamma_{qsl,tirant,es}$	1,000	$\Gamma_{qsl,bande}$	1,100
Γ_{pl}	1,400	$\Gamma_{a,clou}$	1,000	$\Gamma_{a,tirant}$	1,000	$\Gamma_{a,bande}$	1,250	Γ_{buton}	1,000	Γ_{s3}	1,000

Type de surface de rupture : Circulaire manuelle

Origine du quadrillage manuel : X= -123,000; Y= 339,000

Incrément en X / Incrément en Y : X= 5,000; Y= 5,000

Angle du maillage par rapport à : l'horizontale= 0,00; la verticale= 0,00

Nombre de centres en X / en Y : en X= 10; en Y= 10

Incrément sur le rayon : 5,000

Nombre d'incrément sur le rayon : 50

Abscisse émergence limite aval : -335,500

Type de recherche : Point de passage imposé

Point de passage imposé : X= -80,000; Y= 189,600

Nombre de tranches : 49

Prise en compte du séisme : Oui

Coefficient ah/g (accélération horizontale) : 0,153

Coefficient av/g (accélération verticale) : 0,077

Conditions de passage dans certains sols : Passage imposé dans Bauxaline
et
Passage imposé dans Bauxaline indurée

Résultats

Coefficient de sécurité minimal : 1,0284

Coordonnées du centre critique et rayon du cercle critique : N°= 94; X0= -113,00; Y0= 369,00; R= 182,40

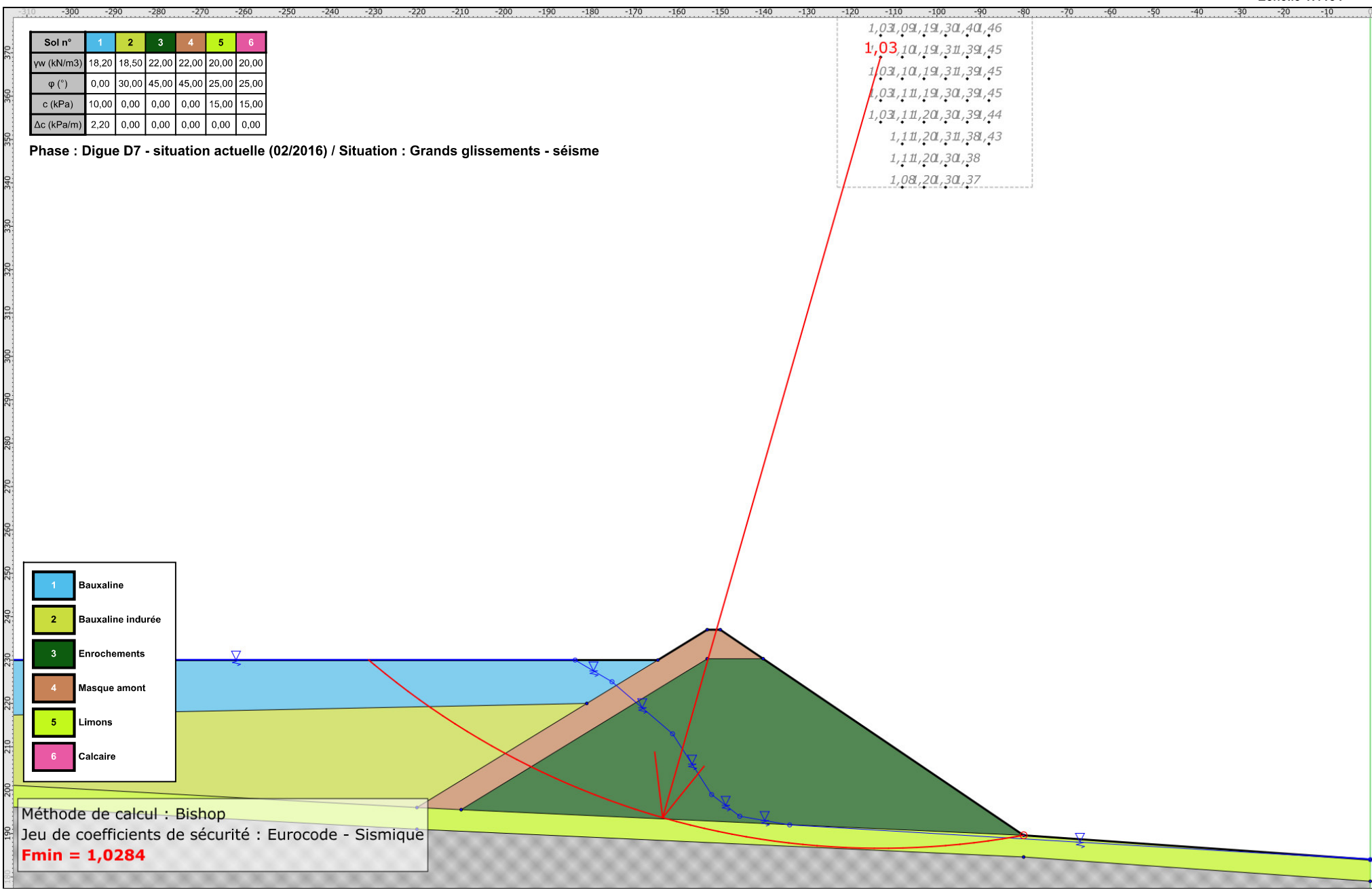
Sol n°	1	2	3	4	5	6
γw (kN/m3)	18,20	18,50	22,00	22,00	20,00	20,00
φ (°)	0,00	30,00	45,00	45,00	25,00	25,00
c (kPa)	10,00	0,00	0,00	0,00	15,00	15,00
Δc (kPa/m)	2,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Phase : Digue D7 - situation actuelle (02/2016) / Situation : Grands glissements - séisme

1,03,09,19,30,40,46
1,03,10,19,31,39,45
 1,03,10,19,31,39,45
 1,03,11,19,30,39,45
 1,03,11,20,30,39,44
 1,11,20,31,38,43
 1,11,20,30,38
 1,08,20,30,37

- 1 Bauxaline
- 2 Bauxaline indurée
- 3 Enrochements
- 4 Masque amont
- 5 Limons
- 6 Calcaire

Méthode de calcul : Bishop
 Jeu de coefficients de sécurité : Eurocode - Sismique
Fmin = 1,0284



Talren v5
v5.1.4

Imprimé le : 16 févr. 2016 14:17:43
Calcul réalisé par : ANTEA

Projet : Altéo Mange-Garri - digue D7

Fiche signalétique

Rapport

Titre : ALTEO – Avis de tiers expert sur les études de stabilité es digues D5, D6 et D7 du site de Mange Garri

Numéro et indice de version : 83225

Date d'envoi : 19/02/2016

Nombre de pages : 12

Diffusion (nombre et destinataires) : envoi pdf

Nombre d'annexes dans le texte : 2

Nombre d'annexes en volume séparé :

Client

Coordonnées complètes : ALTEO
Route de Biver
13541 Gardanne Cedex
Téléphone : 04 42 65 22 90
Télécopie :

Nom et fonction des interlocuteurs : M. Leredde, directeur de l'Usine de Gardanne
Mlle Paszkowski, Resp. Unité Opérationnelle Environnement

Antea Group

Unité réalisatrice : RAM

Nom des intervenants et fonction remplie dans le projet :

Interlocuteur commercial : Charles-Edouard Nadim

Responsable de projet : Charles-Edouard Nadim

Expert technique : François SABATIER

Secrétariat : Marie-Laure Antonucci

Qualité

Contrôlé par : *François SABATIER*

Date : 18/02/2016 - Version A

N° du projet : *PACP150231*

Références et date de la commande : n°4511071405 du 21/12/2015

Mots clés : G5, géotechnique, résidus bauxite, bauxaline, digue, enrochements, stabilité