CiviLab 7.1 — Manuel de validation

Bakhti Softwares — édition 7.1

1. Objet

Ce document compare les résultats de CiviLab aux valeurs calculées selon les normes et méthodes de référence, sur les jeux de données du classeur **docs/verification/Validation-Essais-7.1.xlsx**. Chaque ligne indique la norme, le cas, la valeur attendue, la valeur CiviLab et la manière dont elle a été obtenue.

2. Méthode

- **Exécuté** : les fonctions de calcul de CiviLab (code source de la version 7.1) ont été compilées et exécutées sur les données du classeur ; la valeur CiviLab est le résultat de ce calcul.
- **Code contrôlé** : la formule du code a été relue et comparée à la norme ; la valeur CiviLab indiquée est celle que donne cette formule. Une vérification dans le logiciel est recommandée.
- Valeur attendue : formules du classeur (norme citée). Données : exemple publié (ACI 211.1 exemple 1 ; essais triaxiaux réels Waterloo et BGS) ou jeu de validation construit (valeurs plausibles, non mesurées).

3. Résultats

Famille	Essai	Norme	Cas	Attendu	CiviLab	Mode	Code
Béton	Formulation ACI	ACI 211.1-91 ex. 1	Eau / ciment / gros granulat / sable (kg/m³)	181 / 289,1 / 1136 / 774,4	181 / 289,1 / 1136 / 774,4	**Exécuté**	BetonFormulation.vb ACIMethod.Proportionner ; test FormulationACI.vb
Béton	Formulation ACI	ACI 211.1-91 ex. 1	Eau à ajouter (kg/m³) — ACI publié : 123	122,9	122,9	**Exécuté**	idem
Béton	Compression	NF EN 12390-3	Cube 10 cm, F = 262,4 kN (MPa)	26,2	26,2	Code contrôlé	EcrasementBeton.xaml.vb SurfaceEprouvette (0,01 m²)
Béton	Scléromètre	NF EN 12504-2:2021 § 8	Zone Z1 : médiane entière	32	32	**Exécuté**	TestSimples.vb Sclerometre.IndiceRebond ; test Sclerometre.vb
Béton	Scléromètre	ASTM C805-13a § 9.1	Zone Z1 : moyenne avec rejet	31,33	31,33	**Exécuté**	idem
Béton	Scléromètre	EN 12504-2 / ASTM C805	Zone Z2 dispersée	rejetée	rejetée (NaN)	**Exécuté**	idem
Béton	Ultrasons	NF EN 12504-4	V = L/t, point P1 (m/s)	4161	4161	Code contrôlé	UltrasonFrm.xaml.vb : DIS·10000/Temps

Béton	SonReb	Meynink 1979 (corrélation)	N = 35, V = 4200 m/s (MPa)	34,5	34,5	Code contrôlé	EssaiCombineeFrm.xaml.vb Resistance — corrélation non vérifiée sur la publication
Béton	Dreux-Gorisse	Dreux & Festa	YA (%) ; eau (L/m³)	46,13 ; 184,2	identique	Code contrôlé	BetonFormulation.vb YA, C0…C3, K
Béton	Bolomey	Bolomey 1925	P(0,08 mm) (%) ; eau (L/m³)	15,1 ; 189,8	identique	Code contrôlé	BetonFormulation.vb CalculerPoints (A.X = 0)
Béton	Faury	Faury 1941 (cours Univ. Tlemcen)	Ordonnée de brisure (%) ; eau (L/m³)	60,87 ; 154,5	identique	Code contrôlé	BetonFormulation.vb BetonFaury (K')
Laboratoire	Proctor	NF P 94-093	w opt (%) ; ρd max (degré 2)	12,78 ; 1,879	identique (degré 2)	Code contrôlé	Proctor.vb CalculerPolynome / Obtimum
Laboratoire	Limites	NF P 94-051 / 94-052-1	wL Casagrande ; cône 17 mm (%)	45,7 ; 44,6	identique	Code contrôlé	Feuille.vb / EssaiFeuille.LimitesCisaillement.vb
Laboratoire	CBR	NF P 94-078	Indice CBR	22,2	22,2	Code contrôlé	CBRClass.vb CBRValueCalculation (13,35 / 19,93 kN)
Laboratoire	Los Angeles	NF EN 1097-2	LA	22,6	22,6	Code contrôlé	EssaiFeuille.LaboRoutesBeton.vb
Laboratoire	Micro-Deval	NF EN 1097-1	MDE	13,8	13,8	Code contrôlé	idem
Laboratoire	Équivalent de sable	NF EN 933-8	SE moyen	77,0	77,0	Code contrôlé	idem
Laboratoire	Granulométrie	NF EN 12620 annexe B	Mf ; Cu ; Cc	2,68 ; 5,26 ; 0,84	identique	Code contrôlé	TamisageClass.vb ModuleFinesse, FacteurUniformite, FacteurCourbure
Laboratoire	Sédimentométrie	NF P 94-057	D à t = 30 s (mm)	0,0751	identique	Code contrôlé	TamisageClass.vb ParticleDiameter (Stokes)
Laboratoire	Cisaillement direct	NF EN ISO 17892-10	c' (kPa) ; φ' (°)	16,6 ; 29,9	identique	Code contrôlé	Cisaillement.vb (MoindreCarre)
Laboratoire	Oedomètre	NF EN ISO 17892-5	Cc	0,172	identique	Code contrôlé	EssaiOdometrique.vb ; pentes e–log σ'
Laboratoire	Triaxial	NF EN ISO 17892-8/9	Essais réels Waterloo CD, BGS CIU : c', φ'	publiés	reproduits	**Exécuté**	Triaxial.vb ; tests Triaxial.vb (21 tests)
Enrobés	Kumagawa	—	Teneur en liant externe (%)	5,63	5,63	Code contrôlé	EssaiFeuille.LaboRoutesBeton.vb
Enrobés	Masse volumique paraffinée	NF EN 12697-6 méth. D	ρ (g/cm³)	2,341	2,341	**Exécuté**	SOLABase.MasseVolumiqueParaffinee
Enrobés	Compacité	—	Mesure 1 (%)	96,6	96,6	Code contrôlé	EssaiFeuille.LaboRoutesBeton.vb
In situ	Pénétromètre dynamique	NF EN ISO 22476-2	qd à 0,2 m (MPa)	3,39	identique	Code contrôlé	PDLClass.vb (formule des Hollandais)
In situ	CPT	NF P 94-113 / NF EN ISO 22476-1	Qc = 2,1 kN, Ac = 10 cm² ; Qs = 0,75 kN, As = 150 cm² — calcul à la main (kN × 10³ = N ; cm² × 10⁻⁴ = m²)	qc 2,10 MPa ; fs 50,0 kPa	2,100 MPa ; 50,000 kPa	**Code relu**	CPTFrm.xaml.vb RecalculerRow : qc = 10·Qc/Ac, fs = 10 000·Qs/As ; feuille « CPT » du classeur
In situ	Pressiomètre	NF P 94-110-1 annexe D	pl (MPa), courbe hyperbolique	2,006	2,006	**Exécuté**	Module.vb PL ; EtalonageVolume.VolumeInitial

In situ	Pressiomètre	NF P 94-110-1 § D.2.2	EM (MPa)	8,80	identique	Code contrôlé	PresiommetreMenard.vb Em
Fondations	DTU 13.12 laboratoire	DTU 13.12 § 3.2.1	Nc / Nq / Nγ (φ = 30°)	30 / 18,4 / 18,1	30 / 18,4 / 18,1	**Exécuté**	FondationClass.vb Calculate*
Fondations	DTU 13.12 laboratoire	DTU 13.12 § 3.2.1	sc / sγ / iq / iγ (B/L = 0,75 ; δ = 10°)	1,15 / 0,85 / 0,790 / 0,444	1,15 / 0,85 / 0,790 / 0,444	**Exécuté**	idem
Fondations	DTU 13.12 laboratoire	DTU 13.12 § 3.2.1	qu (kPa)	626,6	identique	Code contrôlé	FondationCPhiClass.QnetCalc
Fondations	EC7 (NF P 94-261)	EN 1997-1 annexe D	Nq / Nγ (φ = 30°) ; Nc (φ = 0)	18,40 / 20,09 ; 5,14	18,4 / 20,09 ; 5,14	**Exécuté**	FondationClass.vb
Fondations	Pressiomètre DTU	DTU 13.12 § 3.2.2	qu (kPa)	928,3	identique	Code contrôlé	FondationPREClass.qu
Fondations	CPT DTU	DTU 13.12 § 3.2.3.1	qu (kPa)	670,6	identique	Code contrôlé	FondationCPTClass.qu
Fondations	SPT	Meyerhof 1956	q (kPa)	239,1	identique	Code contrôlé	FondationSPTClass.CapaciteSansCharge
Stabilité	Talus — Bishop	Bishop (1955) ; ACADS (Giam et Donald 1989)	Talus simple 1(a) : F (référence ACADS 1,00 ; GeoStudio 0,993)	1,00	0,985	**Exécuté**	StabiliteTalus.vb ; tests StabiliteTalus.vb
Stabilité	Talus — Bishop	ACADS non homogène	3 couches : F (référence 1,39 ; GeoStudio 1,413)	1,39	1,393	**Exécuté**	idem
Stabilité	Talus — Bishop	Équilibre des moments (φ = 0)	c = 30 kPa : F exact par intégration	1,39264	1,39259	**Exécuté**	idem
Stabilité	Talus — EC7	NF P 94-270 §10, annexe C	Fd (A2 + M2) sur le cercle ACADS 1(a), recalcul Excel tranche par tranche	0,788	0,788	**Exécuté**	classeur, feuille « Stabilité talus (Bishop) »
Stabilité	Talus — Morgenstern-Price	Morgenstern et Price (1965) ; ACADS non homogène (GeoStudio §2.3)	3 couches : F (référence 1,39 ; GeoStudio M-P 1,382)	1,382	1,365	**Exécuté**	tests StabiliteTalus.vb
Stabilité	Talus — Spencer, M-P	Équilibre des moments (φ = 0)	Spencer = M-P = équilibre exact	1,39264	1,39258	**Exécuté**	idem
Stabilité	Talus — M-P (Excel)	Zhu et al. (2005) ; cercle ACADS 1(a)	Itérations F, λ en formules Excel	0,98410 (λ 0,529)	0,98410	**Exécuté**	classeur, feuille « Talus Morgenstern-Price »
Stabilité	Talus — séisme	ACADS non homogène, kh = 0,15 (GeoStudio §2.4)	Bishop (GeoStudio 1,016) ; M-P (GeoStudio 0,989) ; référence 1,00	1,016 / 0,989	1,011 / 0,983	**Exécuté**	tests StabiliteTalus.vb
Stabilité	Talus — séisme (Excel)	Fellenius, Bishop, Spencer, cercle ACADS 1(a), kh = 0,15	Recalcul tranche par tranche	0,68711 / 0,71586 / 0,71711	identiques	**Exécuté**	feuilles « Talus séisme (Bishop) », « Talus Morgenstern-Price »
Stabilité	Séisme kh, kv	RPA 2024 §10.3 (10.22, 10.23) ; NF P 94-270 I.4	Zone V, groupe 2, S2 : kh = A·I·S/3 ; NF : ag/g 0,2, S 1,2	0,100 / 0,050 ; 0,120 / 0,060	identiques	**Exécuté**	feuille « Séisme kh kv » ; tests

Stabilité	Talus — couche faible	ACADS, surface imposée (GeoStudio §2.8)	M-P sur la surface polygonale publiée (référence ACADS 1,34)	1,261	1,260	**Exécuté**	tests StabiliteTalus.vb
Stabilité	Talus — couche faible (Excel)	ACADS §2.8 ; Zhu et al. (2005)	Itérations F, λ en formules Excel, M-P / Spencer	1,26033 / 1,27602	identiques	**Exécuté**	feuille « Talus surface imposée (M-P) »
Stabilité	Talus — trois blocs	ACADS, recherche (GeoStudio §2.7) ; NF P 94-270 fig. 10.4	Recherche automatique, M-P (référence 1,26)	1,261	1,243	**Exécuté**	idem
Tassements	Ménard	NF P 94-261 annexe H	sc ; sd (cm)	0,40 ; 0,85	0,40 ; 0,85	**Exécuté**	TassementClass.vb Sc, Sd
Tassements	Oedométrique	NF P 94-261 / DTU 13.12 § 3.3.1	s (cm)	48,5	identique	Code contrôlé	TassementOedometer.ComputeSc
Tassements	Élastique	—	s (cm)	1,28	identique	Code contrôlé	TassementLinear.Tassement

4. Corrections apportées en version 7.1 suite à cette validation

- ACI 211.1 : f'cr > 35 MPa, module de finesse < 2,40, air, gravier roulé, adjuvants, calcul unique.
- Bolomey : origine de la courbe de référence ; Faury : origine et terme K'.
- Compression : section du cube 10 cm ; scléromètre : indice selon EN 12504-2 / ASTM C805.
- Pressiomètre : pression limite conforme à NF P 94-110-1 annexe D ; volume initial étalonné validé.
- Tassement Ménard (unités US), facteurs EC7 Nq/Nc, iγ DTU, module de finesse ASTM.

5. Limites

- **CPT** : qc = 10·Qc/Ac et fs = 10 000·Qs/As (Qc, Qs en kN ; Ac, As en cm² ; calcul revu en 7.1) ; les essais CPT enregistrés avec une version antérieure doivent être rouverts et validés (« Ajouter/Modifier ») ; le CPT n'est pas encore exporté en AGS4.
- Corrélations empiriques (SonReb, scléromètre, ultrasons) : appliquées comme publiées, non revérifiées sur les articles originaux.
- Contrainte de calcul DTU 13.12 : la norme donne q = qu/2 ; CiviLab applique γD + (qu − γD)/F (choix conservé).
- EC7 / NF P 94-261, méthodes pressiométrique et pénétrométrique : non revérifiées sur le texte de la norme.
- Stabilité des talus : pas de renforcements ni de fissure de traction ; séisme pseudo-statique uniquement (non applicable aux sols liquéfiables) ; les recherches de CiviLab trouvent des F légèrement inférieurs à GeoStudio (surfaces plus défavorables).

Toutes les valeurs « attendues » sont recalculables dans le classeur Excel ; les données peuvent y être modifiées pour d'autres cas.