

AVRIL 25



Direction interdépartementale
des routes Centre-Est

**Prestations d'ingénierie pour l'amélioration
de l'itinéraire à caractère autoroutier
entre Lyon et Saint-Étienne**

**Notice chaussées
A72 – S7/S8 Ech.13-14-15**



Suivi des révisions du document

A	Avril 2025	Première émission	Simon Rizet	Tangui Noël	Marion Greloux
Indice	Date	Modifications	Établi	Vérifié	Approuvé

Codification du document

LYSE-ING-MS21-PRO-ETU-PEC-NDC-0014-A02

SOMMAIRE

1. DIMENSIONNEMENT STRUCTUREL.....	4
1.1. DONNÉES DE TRAFIC	4
1.1.1. Sources des données trafic	4
1.1.2. Extraction des données issues de l'étude spécifique de trafic	4
1.1.3. Conversion en TMJAd par application du coefficient de répartition	5
1.2. TRAFICS PL CUMULÉ SUR LA DURÉE DE DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES	5
1.2.1. Durée de dimensionnement	5
1.2.2. Année de mise en service	5
1.2.3. Taux d'accroissement annuel	5
1.3. TYPOLOGIE DE STRUCTURE CHAUSSÉE.....	6
1.4. COEFFICIENT D'AGRESSIVITÉ MOYEN (CAM)	6
1.5. RISQUE DE CALCUL	6
1.6. SYNTHÈSE DES STRUCTURES DE CHAUSSÉE OBTENUES	6
2. VÉRIFICATION AU GEL-DÉGEL	7

1. DIMENSIONNEMENT STRUCTUREL

Les hypothèses techniques générales retenues sont issues du document : [NOTICE - NOTE DE CADRAGE DES CHAUSSEES \(LYSE-ING-TM-TPH-CHA-ENS-NOT-00669-E00\)](#)

1.1. DONNÉES DE TRAFIC

1.1.1. Sources des données trafic

Pour l'analyse des charges de trafic de la section courante et des bretelles, et en référence aux données listées ci-dessus, les données suivantes sont utilisées :

NOM DU DOCUMENT	ORIGINE	ANNÉE DES HPM/HPS
Recueil donnée Siredo ;	SCHEMA - SYNOPTIQUE - DIAGNOSTIC ECHANGEURS - PPT COMPTAGES TRAFIC (LYSE-ING-MS2-DIA-ETU-PGR-SCH-0002-A01)	2019

Lorsque c'est possible, les données trafic issues des études spécifiques sont confrontées aux comptages de trafic fournies par le PC Hyrondelle de la DIRCE. L'objectif étant de s'assurer de prendre en considération une donnée représentative / fiable de l'état réel du trafic afin de ne pas sous-dimensionner les structures chaussées.

1.1.2. Extraction des données issues de l'étude spécifique de trafic

Pas d'études spécifique.

AXE	TYPE DE VOIE	ANNÉE DE REFERENCE	HPM (Veh/h)	HPS (Veh/h)	TMJA (5% PL)	TMJA (9% PL)
S7/S8	Section courante	2019	3955	2890		3080,25
Bretelle d'entrée sens 2 Ech. 13	Entrée	2019	280	466	186,5	
Bretelle d'entrée sens 2 Ech. 14	Entrée	2019	678	807	371,25	
Bretelle d'entrée sens 2 Ech. 15	Entrée	2019	383	557	235	

1.1.3. Conversion en TMJAd par application du coefficient de répartition

Le coefficient de répartition appliqué aux voies lente et rapide est déduit de la note d'hypothèses pour un cas en milieux péri-urbain soit :

AXE	TYPE DE VOIE	ANNÉE DE REFERENCE	TMJA PL	Répartition	TMJAd (PL/J)
S7/S8	Section courante	2019	3080,25	75%	2 310
Bretelle d'entrée sens 2 Ech. 13	Entrée	2019	186,5	100%	187
Bretelle d'entrée sens 2 Ech. 14	Entrée	2019	371,25	100%	371
Bretelle d'entrée sens 2 Ech. 15	Entrée	2019	235	100%	235

1.2. TRAFICS PL CUMULÉ SUR LA DURÉE DE DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSEES

1.2.1. Durée de dimensionnement

Comme exigé dans la notice des Exigences de la DIRCE de 2021, la durée de dimensionnement retenue pour le dimensionnement de chaussée est de **30 ans** en section courante comme pour les brelles et giratoires.

1.2.2. Année de mise en service

L'année de mise en service retenue pour ce projet est : **2026**

1.2.3. Taux d'accroissement annuel

Le TMJAd 2023 déterminé précédemment est à convertir en TMJA PL de l'année N+1 pour une mise en service en année N, avec application d'un taux d'accroissement du trafic annuel de +1,5 % géométrique (cf. note de cadrage des chaussées, selon décision du MOA d'appliquer le scénario AME du CGDD version 2019).

AXE	TYPE DE VOIE	MISE EN SERVICE	TMJAd ANNEE N+1 (avec +1,5 % d'accroissement annuel entre 2019 et ANNEE N+1)
S7/S8	Section courante	2026	TMJAd (2027) = 2 602 PL/J
Bretelle d'entrée sens 2 Ech. 13	Entrée	2026	TMJAd (2027) = 211 PL/J
Bretelle d'entrée sens 2 Ech. 14	Entrée	2026	TMJAd (2027) = 418 PL/J
Bretelle d'entrée sens 2 Ech. 15	Entrée	2026	TMJAd (2027) = 265 PL/J

1.3. TYPOLOGIE DE STRUCTURE CHAUSSEE

La typologie de structure chaussée retenue par la DIRCE correspond à :

6 cm BBSG 3 0/10 (liant modifié) + x cm GB3 0/14 + y cm GB3 0/14 sur PF2qs

1.4. COEFFICIENT D'AGRESSIVITE MOYEN (CAM)

Les CAM retenus sont :

- CAM matériaux bitumineux = 0,8
- CAM PF et GNT = 1,0

1.5. RISQUE DE CALCUL

Les TMJAd définis précédemment permettent de déterminer la classe de trafic Ti normative, définie par le Tableau B.1 de la norme NF P98-086 de mai 2019 :

Tableau B.1 — Définition des classes de trafic Ti et de la moyenne géométrique associée en fonction du trafic poids-lourds dimensionnant TMJAd (N_{PL}/j)

Classe	T5	T4	T3-	T3+	T2-	T2+	T1-	T1+	T0-	T0+	TS-	TS+	TEX
TMJAd dimensionnant	1 – 25	25 – 50	50 – 85	85 – 150	150 – 200	200 – 300	300 – 500	500 – 750	750 – 1 200	1 200 – 2 000	2 000 – 3 000	3 000 – 5 000	> 5 000
Moyenne géométrique	5	35	65	115	175	245	390	615	950	1 550	2 450	3 875	5 920

Dans le cas de l'opération, les risques de calcul considérés sont :

- Pour la BAU S7/S8 : 1 %
- Pour la bretelle de l'échangeur 13 : 12 %
- Pour la bretelle de l'échangeur 14 : 5 %
- Pour la bretelle de l'échangeur 15 : 12 %

1.6. SYNTHÈSE DES STRUCTURES DE CHAUSSEE OBTENUES

Les résultats des calculs ALIZE menés à partir des hypothèses explicitées ci-avant conduisent aux structures suivantes :

AXE	STRUCTURE CHAUSSEE OBTENUE
S7/S8	6 cm BBSG 3 0/10 + 10 cm GB3 0/14 + 11 cm GB3 0/14 + 11 cm GB3 0/14 sur PF2qs
Bretelle d'entrée sens 2 Ech. 13	6 cm BBSG 3 0/10 + 09 cm GB3 0/14 + 10 cm GB3 0/14 sur PF2qs
Bretelle d'entrée sens 2 Ech. 14	6 cm BBSG 3 0/10 + 11 cm GB3 0/14 + 12 cm GB3 0/14 sur PF2qs
Bretelle d'entrée sens 2 Ech. 15	6 cm BBSG 3 0/10 + 10 cm GB3 0/14 + 10 cm GB3 0/14 sur PF2qs

2. VÉRIFICATION AU GEL-DÉGEL

Les structures de chaussées sont vérifiées au gel-dégel, dans le cas sécuritaire d'un modèle SGn/SGt, en vérifiant $IA \geq IR$ (avec $IR = 220 \text{ °C.j}$ correspondant à l'hiver **exceptionnel** commun aux stations de Lyon-Bron et Saint-Etienne) moyennant :

AXE	RAPPEL DE LA STRUCTURE CHAUSSEE OBTENUE	EPAISSEUR DE MATERIAUX NON GELIFS NECESSAIRES (DE TYPE D3)	VALEUR de L'IA OBTENUE VERIFIANT $IA \geq IR$
A72 – S7-S8	6 cm BBSG 3 0/10 +10 cm GB3 0/14 + 11 cm GB3 0/14 + 11 cm GB3 0/14 sur PF2qs	60 cm de matériaux granulaires non gélifs	$IA = 239,301 \text{ °C.j}$
Bretelle d'entrée sens 2 Ech. 13	6 cm BBSG 3 0/10 + 09 cm GB3 0/14 + 10 cm GB3 0/14 sur PF2qs	80 cm de matériaux granulaires non gélifs	$IA = 258,372 \text{ °C.j}$
Bretelle d'entrée sens 2 Ech. 14	6 cm BBSG 3 0/10 + 11 cm GB3 0/14 + 12 cm GB3 0/14 sur PF2qs	70 cm de matériaux granulaires non gélifs	$IA = 236,324 \text{ °C.j}$
Bretelle d'entrée sens 2 Ech. 15	6 cm BBSG 3 0/10 + 10 cm GB3 0/14 + 10 cm GB3 0/14 sur PF2qs	80 cm de matériaux granulaires non gélifs	$IA = 265,213 \text{ °C.j}$

L'épaisseur de matériaux comprend la CDF GNT1 0/63 (Type D3) et la couche de réglage GNT2 0/31.5 (Type D2).

NB : Les épaisseurs de matériaux non gélifs données correspondent aux épaisseurs minimales nécessaires pour vérifier la structure au gel-dégel ; l'épaisseur de couche de forme + couche de réglage à retenir doit également être considérée au regard des prescriptions données par les études G2 AVP et G2 PRO (selon normes NF P94-500).

Alizé-Lcpc - Dimensionnement des structures de chaussées
selon la méthode rationnelle Lcpc-Sétra

Signalement du calcul :

- données Structure : saisie écran, sans nom
- titre de l'étude : sans titre

- données Chargement :
- jumelage standard de 65 kN
- pression verticale : 0,6620 MPa
- rayon de contact : 0,1250 m
- entraxe jumelage : 0,3750 m

unités : m, MN et MPa ; déformations en $\mu\text{déf}$; déflexions en mm/100

Variante de calcul n° 3

Tableau 1 (synthèse) :

**tractions principales majeures dans le plan horizontal XoY et
compressions principales majeures selon la verticale ZZ ; déflexion maximale**

	niveau calcul	EpsilonT horizontale	SigmaT horizontale	EpsilonZ verticale	SigmaZ verticale
----- surface (z=0.000) -----					
h= 0,060 m	0,000m	18,4	0,285	11,1	0,658
E= 7000,0 MPa					
nu= 0,350	0,060m	10,7	0,288	40,7	0,608
----- collé (z=0,060m) -----					
h= 0,100 m	0,060m	10,7	0,361	28,7	0,608
E= 9000,0 MPa					
nu= 0,350	0,160m	-6,4	0,074	27,3	0,309
----- collé (z=0,160m) -----					
h= 0,110 m	0,160m	-6,4	0,074	27,3	0,309
E= 9000,0 MPa					
nu= 0,350	0,270m	-19,4	-0,208	24,4	0,094
----- collé (z=0,270m) -----					
h= 0,110 m	0,270m	-19,4	-0,208	24,4	0,094
E= 9000,0 MPa					
nu= 0,350	0,380m	-44,5	-0,568	42,7	0,013
----- collé (z=0,380m) -----					
h infini	0,380m	-44,5	0,002	143,1	0,013
E= 80,0 MPa					
nu= 0,350					

Déflexion maximale =26,3 mm/100 (entre-jumelage)

Rayon de courbure =1698,5 m (entre-jumelage)

Calcul de Valeur admissible - matériau : bitumineux - eb-gb3

données de trafic :

MJA = 2602 pl/j/sens/voie
accroisst géom. = 1,50%
période de calcul = 30,0 années
trafic cumulé NPL = 35 652 000 PL

données déduites :

accroisst arith. = 1,73%

trafic cumulé équivalent NE :

coefficient CAM = 0,80
trafic cumulé NE = 28 522 000 essieux standard

données sur le matériau :

Epsilon6 = 90,00 $\mu\text{déf}$
pente inverse 1/b = -5,00
TétaEq = 15 °C
module E(10°C) = 11880 MPa
module E(TétaEq) = 9000 MPa
Ep. bitumineuse struct. = 0,700 m
(PF avec réglage fin +/- 1.5 cm)
écart type Sh = 0,015 m
écart type SN = 0,300

risque = 1,0%
coefficient Kr = 0,6980
coefficient Ks = 1/1,065
coefficient Kc = 1,3
EpsilonT admissible = 45,1 $\mu\text{d}\epsilon$

Rapport de calcul

Vérification au gel

A72 - Vérification au gel - Section couran

Auteur : Simon Rizet

Édité le : 01/04/2025 à 17:40:06

A72 - Vérification au gel - Section courante

Avertissement :

Les épaisseurs de matériaux non gélifs données correspondent aux épaisseurs minimales nécessaires pour vérifier la structure au gel-dégel ; l'épaisseur de couche de forme + couche de réglage à retenir doit également être considérée au regard des prescriptions données par les études G2 AVP et G2 PRO (selon normes NF P94-500).

A72 - Vérification au gel - Section courante

1 Structure

Bibliothèque	Type	Ep (m)	ρ (kg/m ³)	W (%)	λ_{ng} (W/m.°C)	λ_g (W/m.°C)
NF P98-086 v2019	eb-bbsg3	0.06	2350	1	2	2.1
NF P98-086 v2019	eb-gb3	0.1	2350	1	1.9	1.9
NF P98-086 v2019	eb-gb3	0.11	2350	1	1.9	1.9
NF P98-086 v2019	eb-gb3	0.11	2350	1	1.9	1.9
Sommet de la plateforme Zpf						
NF P98-086 v2019	pf2qs	40	1300	32	1.1	1.8

2 Modèle de température

Températures : Modèle Lcpc-Sétra

3 Conditions météorologiques

Paramètres de calcul de l'indice de gel admissible I_a

K_{cr} : 0.7

Hors agglomération ou agglomération de moins de 100 000 habitants.

Choix de l'indice de gel de référence I_r

Hiver de type exceptionnel

Station : Saint-Etienne

I_r : 220 °C.j

4 Détermination de Q_{pf}

4-1 Modélisation de la plateforme et calcul de Q_{pf}

La modélisation décompose la plateforme en trois parties au plus, chacune ayant une épaisseur de sol positive ou nulle, ordonnées du haut vers le bas ainsi :

- SG_n : partie non gélive, associée à la quantité de gel Q_{ng} ;
- SG_p : partie peu gélive, associée à la quantité de gel Q_g ;
- SG_t : partie très gélive, associée à la quantité de gel Q_g .

La quantité de gel Q_{pf} est la somme des quantités de gel liées à la plateforme (Q_{ng} et Q_g) et à la structure de la chaussée (Q_m).

4-2 Choix de la configuration de la plateforme

Plateforme composée d'une partie non gélive sur une partie très gélive :
type b, SG_n / SG_t

A72 - Vérification au gel - Section courante

4-3 Quantités de gel Qng et Qg des parties non gélive et gélive de la plateforme

Partie du sol	Paramètre	Valeur	Unité
non gélive SGn (Qng)	Epaisseur Hn	0.60	m
	Classification des matériaux	D3	-
	MTLH éventuellement associés à de la chaux	Non	-
	Protection thermique apportée An	12	$(^{\circ}\text{C.j})^{(1/2)}.\text{m}^{-1}$
très gélive SGt (Qg)	Pente p de la droite obtenue à l'essai de gonflement au gel	2	$\text{mm}/(^{\circ}\text{C.h})^{(1/2)}$
Valeur de Qng		6.171	$(^{\circ}\text{C.j})^{(1/2)}$
Valeur de Qg		0.000	$(^{\circ}\text{C.j})^{(1/2)}$

Pour plus de détails, voir les normes :

- NF P98-086 : Dimensionnement des chaussées neuves, vérification au gel / dégel,
- NF P11-300 : Exécution des terrassements, classification des matériaux utilisables en construction routière

A72 - Vérification au gel - Section courante

4-4 Quantité de gel Q_m liée à la structure de la chaussée

Type de chaussée	Chaussée épaisse (matériaux liés > 20 cm)
Détermination de e	Calcul automatique basé sur la couche et le critère sélectionnés
Couche sélectionnée	Couche 4 eb-gb3
Critère sélectionné	σT
Valeur de e	0.035 m
Q_m	$0.350 (^{\circ}\text{C}.\text{j})^{(1/2)}$

4-5 Quantité de gel totale Q_{pf}

$$Q_{ng} : 6.171 (^{\circ}\text{C}.\text{j})^{(1/2)}$$

$$Q_g : 0.000 (^{\circ}\text{C}.\text{j})^{(1/2)}$$

$$Q_m : \underline{\underline{0.350 (^{\circ}\text{C}.\text{j})^{(1/2)}}}$$

$$Q_{pf} : 6.521 (^{\circ}\text{C}.\text{j})^{(1/2)}$$

5 Résultats

Caractéristiques calculées :

- Quantité de gel admissible au niveau de la plateforme : $Q_{pf} = 6.52 (^\circ\text{C.j})^{(1/2)}$
- Temps = 33.80 j
- Profondeur de gel : $Z_{gel} = 0.66 \text{ m}$
- Indice de gel atmosphérique admissible : $I_a = 239.30 \text{ }^\circ\text{C.j}$

Référence choisie :

- Valeur de l'indice de gel de référence $I_r = 220 \text{ }^\circ\text{C.j}$
- Station météorologique correspondante : Saint-Etienne

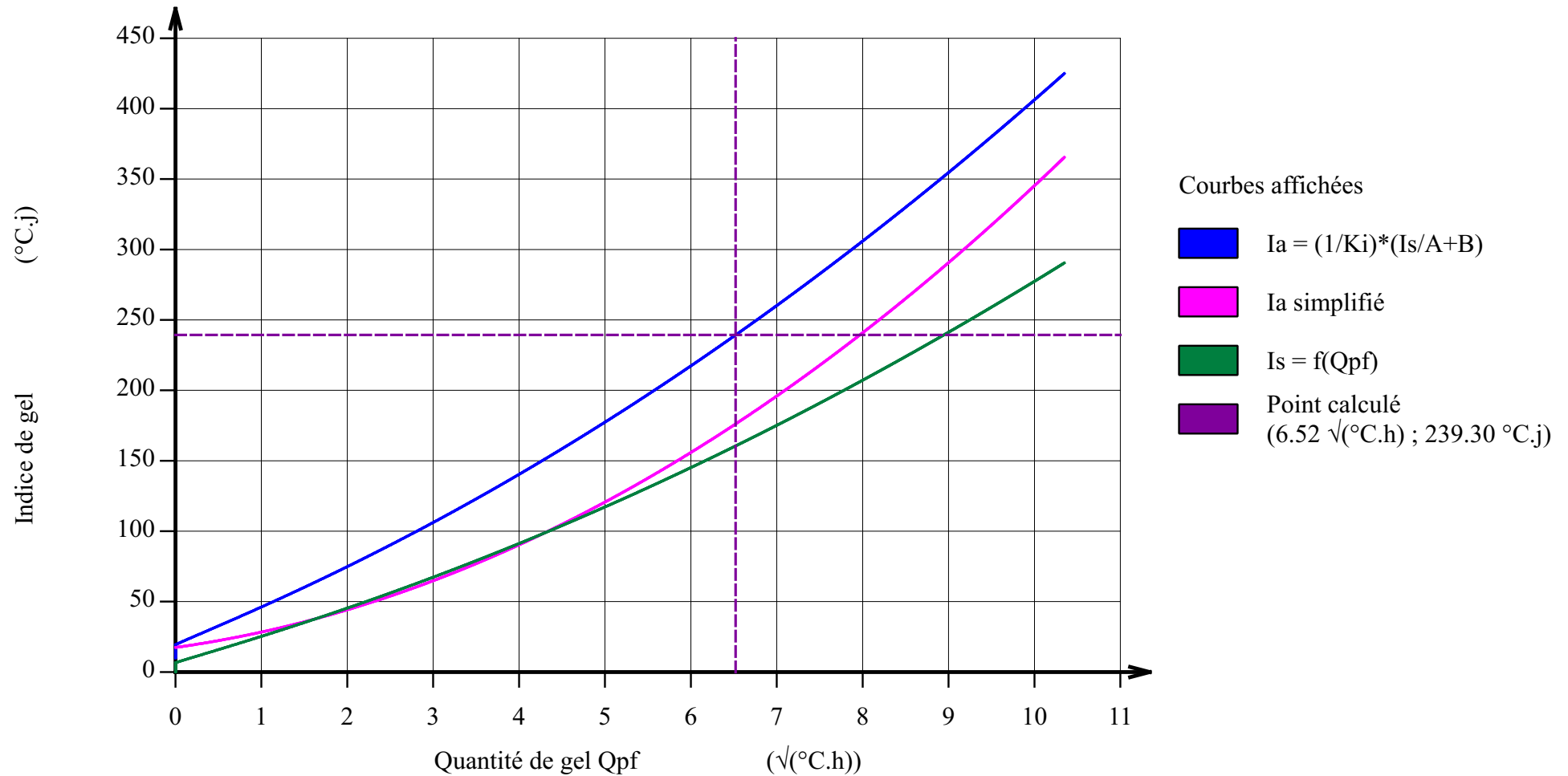
Pour que la vérification au gel-dégel soit satisfaite, il faut que la valeur de l'indice de gel atmosphérique admissible I_a soit supérieure ou égale à celle de l'indice de gel I_r choisie.

$$I_a = 239.30 \text{ }^\circ\text{C.j} \geq I_r = 220 \text{ }^\circ\text{C.j}$$

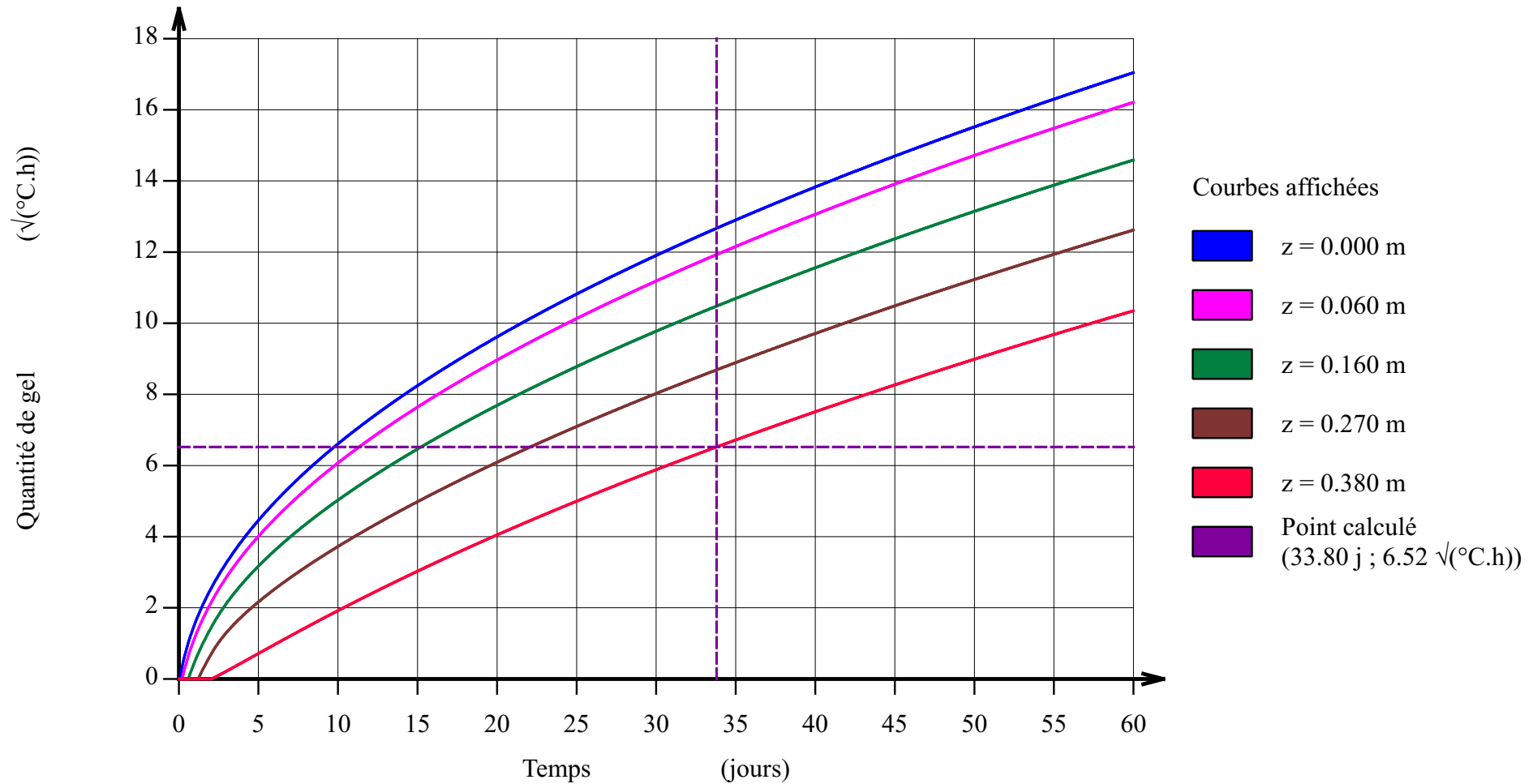
Vérification satisfaite.

La capacité de l'ensemble du sol et de la structure à résister aux cycles de gel-dégel est vérifiée dans la limite des hypothèses émises.

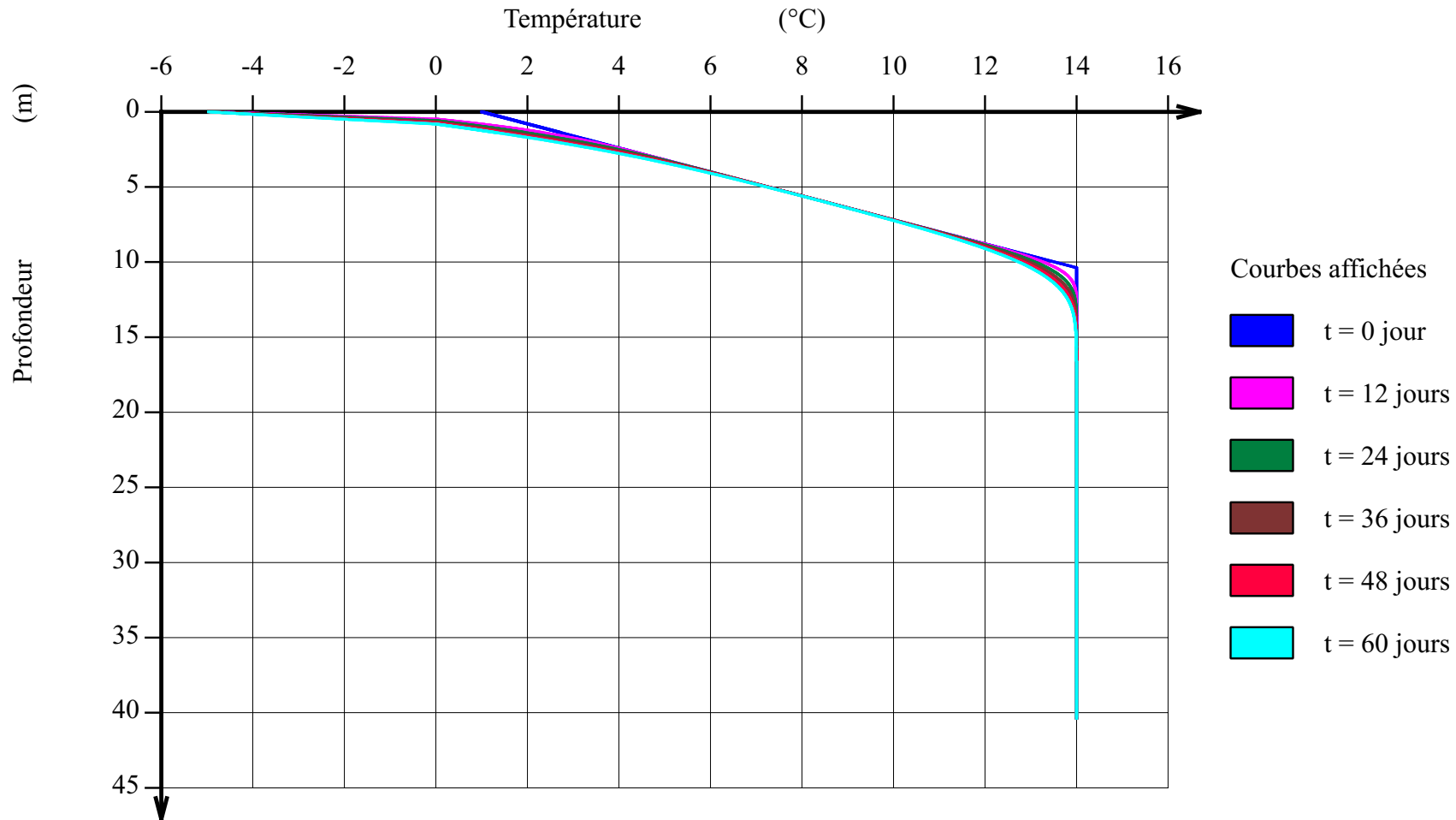
6 Graphe Ia et Is = f(Qpf)



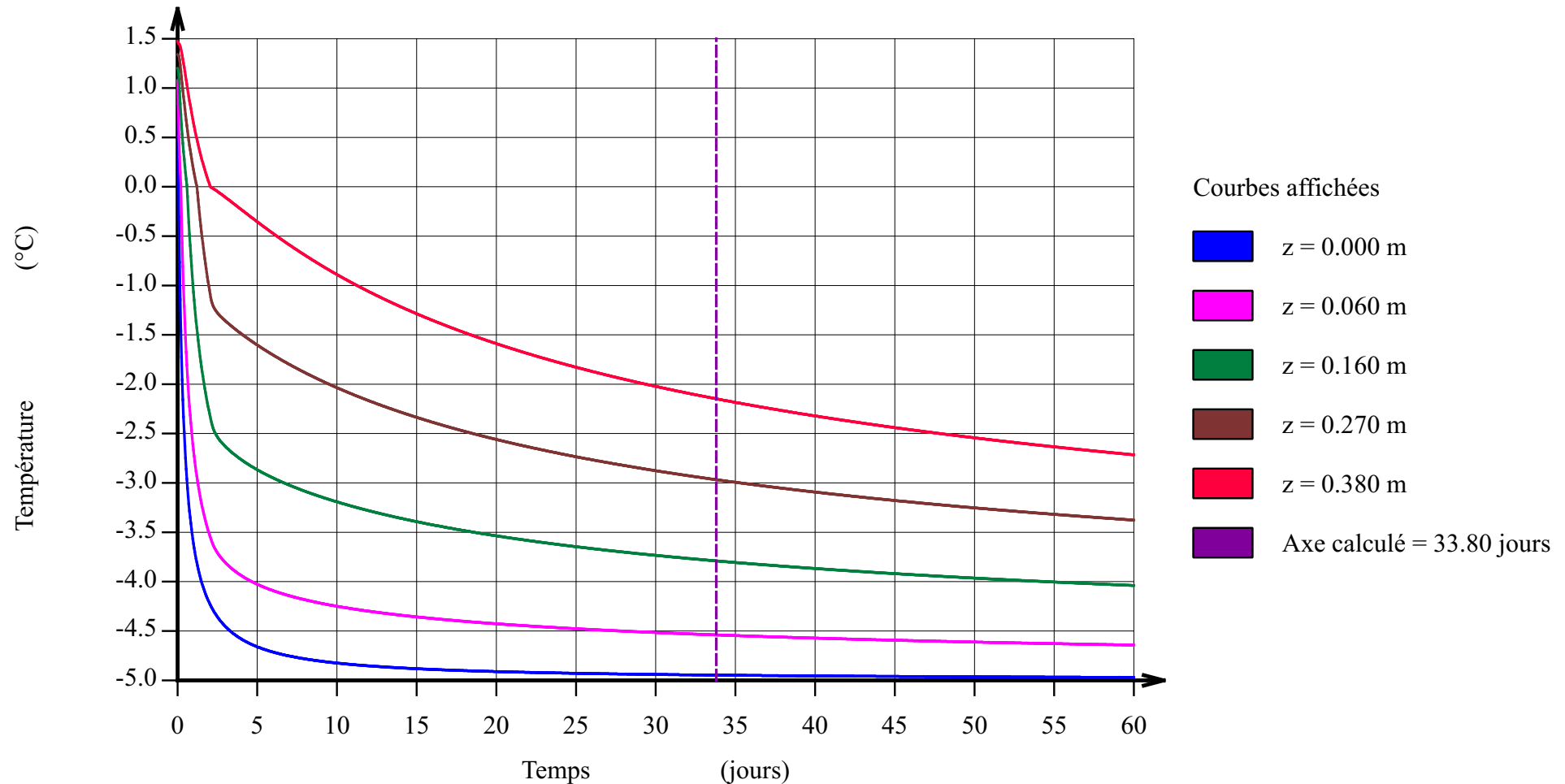
7 Graphe Quantité de gel = f(t)



8 Graphe Profils $\theta = f(z)$

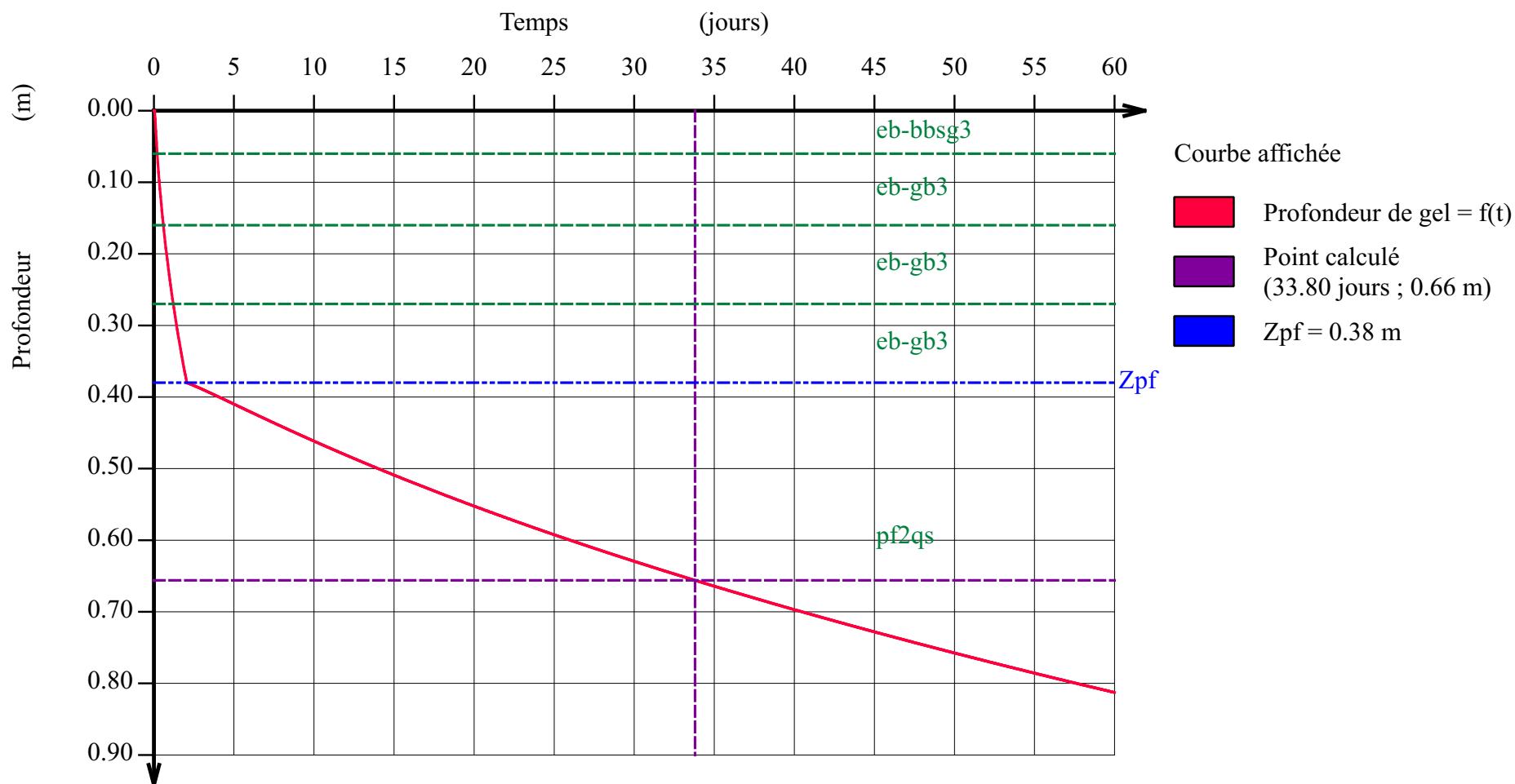


9 Graphe Température aux interfaces et à la surface en fonction du temps



A72 - Vérification au gel - Section courante

10 Graphe Profondeur de gel en fonction du temps



11 Conclusion

L'épaisseur de matériaux non gélifs nécessaires est de 60cm

/!\ Les épaisseurs de matériaux non gélifs données correspondent aux épaisseurs minimales nécessaires pour vérifier la structure au gel-dégel ; l'épaisseur de couche de forme + couche de réglage à retenir doit également être considérée au regard des prescriptions données par les études G2 AVP et G2 PRO (selon normes NF P94-500).

Alizé-Lcpc - Dimensionnement des structures de chaussées
selon la méthode rationnelle Lcpc-Sétra

Signalement du calcul :

- données Structure : saisie écran
- origine fichier C:\Users\srizet\Documents\A72\A72.dat
- titre de l'étude : sans titre

- données Chargement :
- jumelage standard de 65 kN
- pression verticale : 0,6620 MPa
- rayon de contact : 0,1250 m
- entraxe jumelage : 0,3750 m

unités : m, MN et MPa ; déformations en $\mu\text{déf}$; déflexions en mm/100

Tableau 1 (synthèse) :

**tractions principales majeures dans le plan horizontal XoY et
compressions principales majeures selon la verticale ZZ ; déflexion maximale**

	niveau calcul	EpsilonT horizontale	SigmaT horizontale	EpsilonZ verticale	SigmaZ verticale
<i>surface (z=0.000)</i>					
h= 0,060 m	0,000m	45,5	0,611	-22,1	0,658
E= 7000,0 MPa					
nu= 0,350	0,060m	20,0	0,430	26,1	0,588
<i>collé (z=0,060m)</i>					
h= 0,090 m	0,060m	20,0	0,547	14,5	0,588
E= 9000,0 MPa					
nu= 0,350	0,150m	-21,3	-0,167	37,3	0,246
<i>collé (z=0,150m)</i>					
h= 0,100 m	0,150m	-21,3	-0,167	37,3	0,246
E= 9000,0 MPa					
nu= 0,350	0,250m	-86,0	-1,053	78,7	0,027
<i>collé (z=0,250m)</i>					
h infini	0,250m	-86,0	0,005	280,7	0,027
E= 80,0 MPa					
nu= 0,350					

Déflexion maximale =38,8 mm/100 (entre-jumelage)

Rayon de courbure =946,6 m (entre-jumelage)

Calcul de Valeur admissible - matériau : bitumineux - eb-gb3

données de trafic :

MJA = 211 pl/j/sens/voie
accroisst géom. = 1,50%
période de calcul = 30,0 années
trafic cumulé NPL = 2 891 000 PL

données déduites :

accroisst arith. = 1,73%

trafic cumulé équivalent NE :

coefficient CAM = 0,80
trafic cumulé NE = 2 312 800 essieux standard

données sur le matériau :

Epsilon6 = 90,00 $\mu\text{déf}$
pente inverse 1/b = -5,00
TétaEq = 15 °C
module E(10°C) = 11880 MPa
module E(TétaEq) = 9000 MPa
Ep. bitumineuse struct. = 0,250 m
(PF avec réglage fin +/- 1.5 cm)
écart type Sh = 0,015 m
écart type SN = 0,300
risque = 12,0%
coefficient Kr = 0,8340
coefficient Ks = 1/1,065
coefficient Kc = 1,3

EpsilonT admissible = 89,0 $\mu\text{déf}$

Rapport de calcul

Vérification au gel

A72 - Vérification au gel - Bretelle Ech 13

Auteur : Simon Rizet

Édité le : 01/04/2025 à 15:11:47

Avertissement :

Les épaisseurs de matériaux non gélifs données correspondent aux épaisseurs minimales nécessaires pour vérifier la structure au gel-dégel ; l'épaisseur de couche de forme + couche de réglage à retenir doit également être considérée au regard des prescriptions données par les études G2 AVP et G2 PRO (selon normes NF P94-500).

1 Structure

Bibliothèque	Type	Ep (m)	ρ (kg/m ³)	W (%)	λ_{ng} (W/m.°C)	λ_g (W/m.°C)
NF P98-086 v2019	eb-bbsg3	0.06	2350	1	2	2.1
NF P98-086 v2019	eb-gb3	0.09	2350	1	1.9	1.9
NF P98-086 v2019	eb-gb3	0.1	2350	1	1.9	1.9
Sommet de la plateforme Zpf						
NF P98-086 v2019	pf2qs	40	1300	32	1.1	1.8

2 Modèle de température

Températures : Modèle Lcpc-Sétra

3 Conditions météorologiques

Paramètres de calcul de l'indice de gel admissible Ia

Kcr : 0.7

Hors agglomération ou agglomération de moins de 100 000 habitants.

Choix de l'indice de gel de référence Ir

Hiver de type exceptionnel

Station : Saint-Etienne

Ir : 220 °C.j

4 Détermination de Qpf

4-1 Modélisation de la plateforme et calcul de Qpf

La modélisation décompose la plateforme en trois parties au plus, chacune ayant une épaisseur de sol positive ou nulle, ordonnées du haut vers le bas ainsi :

- SGn : partie non gélive, associée à la quantité de gel Qng ;
- SGp : partie peu gélive, associée à la quantité de gel Qg ;
- SGt : partie très gélive, associée à la quantité de gel Qg.

La quantité de gel Qpf est la somme des quantités de gel liées à la plateforme (Qng et Qg) et à la structure de la chaussée (Qm).

4-2 Choix de la configuration de la plateforme

Plateforme composée d'une partie non gélive sur une partie très gélive :
type b, SGn / SGt

4-3 Quantités de gel Qng et Qg des parties non gélive et gélive de la plateforme

Partie du sol	Paramètre	Valeur	Unité
non gélive SGn (Qng)	Epaisseur Hn	0.80	m
	Classification des matériaux	D3	-
	MTLH éventuellement associés à de la chaux	Non	-
	Protection thermique apportée An	12	$(^{\circ}\text{C.j})^{(1/2)}.\text{m}^{-1}$
très gélive SGt (Qg)	Pente p de la droite obtenue à l'essai de gonflement au gel	2	$\text{mm}/(^{\circ}\text{C.h})^{(1/2)}$
Valeur de Qng		8.533	$(^{\circ}\text{C.j})^{(1/2)}$
Valeur de Qg		0.000	$(^{\circ}\text{C.j})^{(1/2)}$

Pour plus de détails, voir les normes :

- NF P98-086 : Dimensionnement des chaussées neuves, vérification au gel / dégel,
- NF P11-300 : Exécution des terrassements, classification des matériaux utilisables en construction routière

4-4 Quantité de gel Q_m liée à la structure de la chaussée

Type de chaussée	Chaussée épaisse (matériaux liés > 20 cm)
Détermination de e	Calcul automatique basé sur la couche et le critère sélectionnés
Couche sélectionnée	Couche 3 eb-gb3
Critère sélectionné	σT
Valeur de e	0.019 m
Q_m	$0.190 (^{\circ}\text{C.j})^{(1/2)}$

4-5 Quantité de gel totale Q_{pf}

$$Q_{ng} : 8.533 (^{\circ}\text{C.j})^{(1/2)}$$

$$Q_g : 0.000 (^{\circ}\text{C.j})^{(1/2)}$$

$$Q_m : \underline{\underline{0.190 (^{\circ}\text{C.j})^{(1/2)}}}$$

$$Q_{pf} : 8.723 (^{\circ}\text{C.j})^{(1/2)}$$

5 Résultats

Caractéristiques calculées :

- Quantité de gel admissible au niveau de la plateforme : $Q_{pf} = 8.72 (^\circ\text{C.j})^{(1/2)}$
- Temps = 36.50 j
- Profondeur de gel : $Z_{gel} = 0.62 \text{ m}$
- Indice de gel atmosphérique admissible : $I_a = 258.37 ^\circ\text{C.j}$

Référence choisie :

- Valeur de l'indice de gel de référence $I_r = 220 ^\circ\text{C.j}$
- Station météorologique correspondante : Saint-Etienne

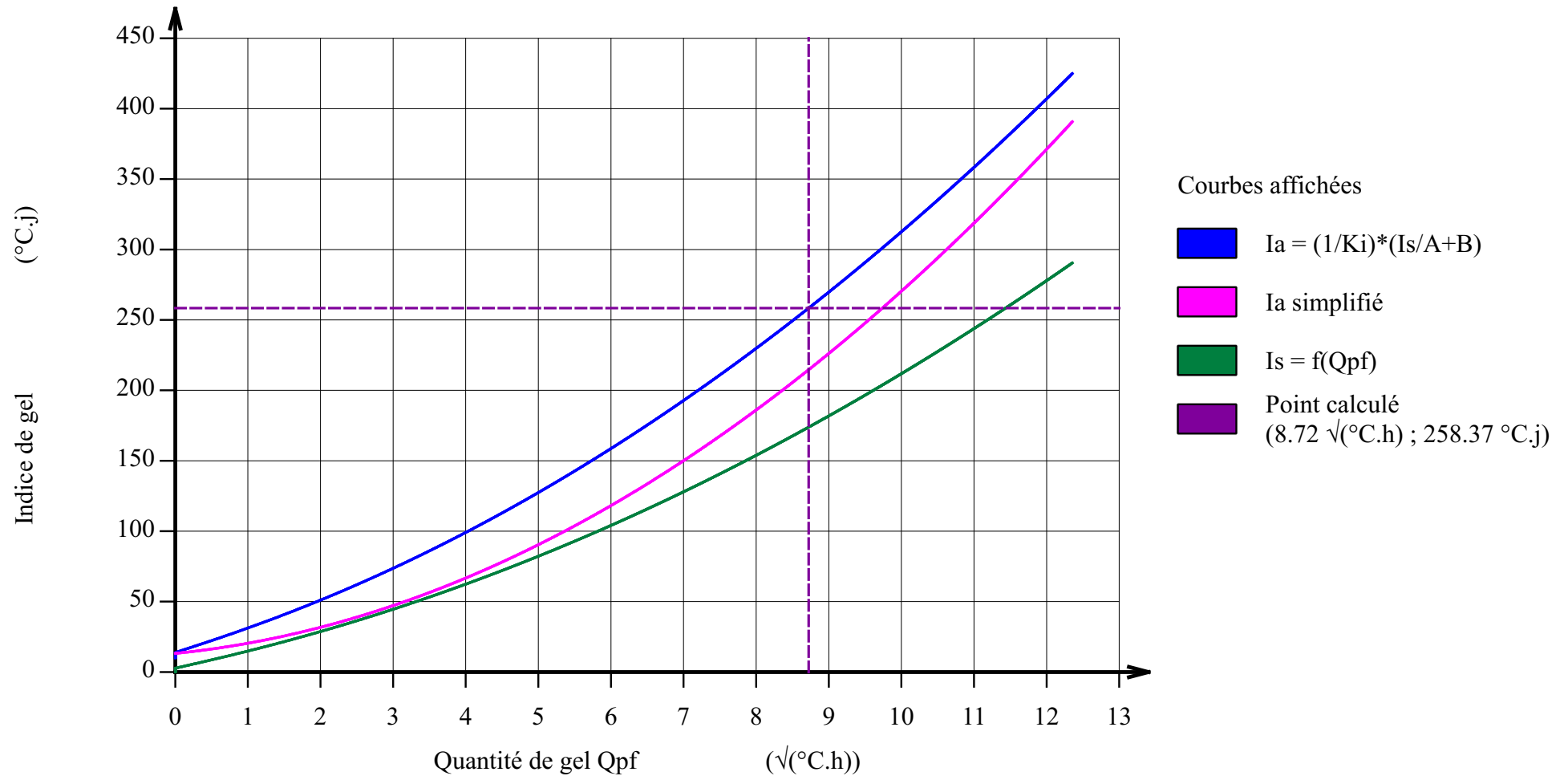
Pour que la vérification au gel-dégel soit satisfaite, il faut que la valeur de l'indice de gel atmosphérique admissible I_a soit supérieure ou égale à celle de l'indice de gel I_r choisie.

$$I_a = 258.37 ^\circ\text{C.j} \geq I_r = 220 ^\circ\text{C.j}$$

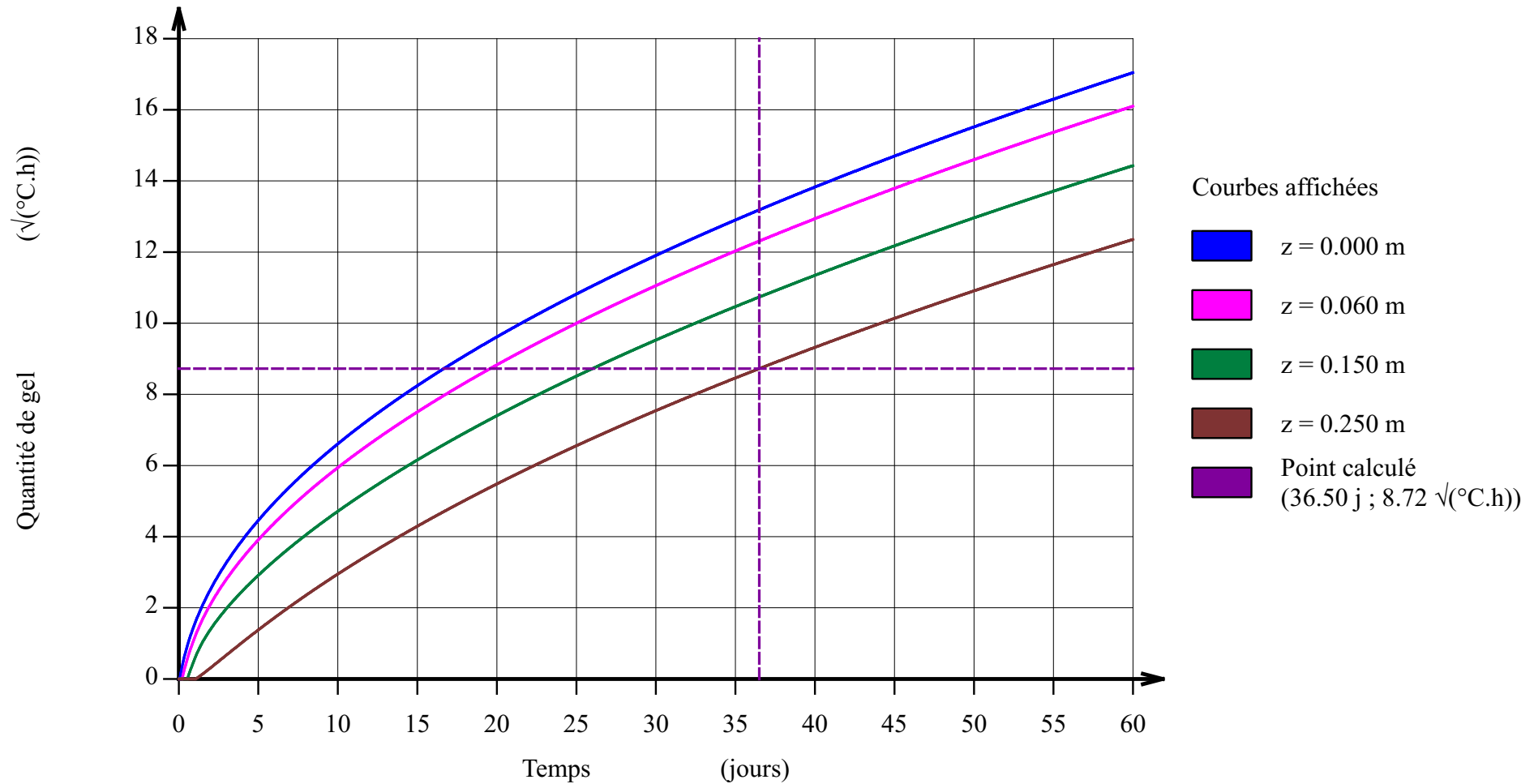
Vérification satisfaite.

La capacité de l'ensemble du sol et de la structure à résister aux cycles de gel-dégel est vérifiée dans la limite des hypothèses émises.

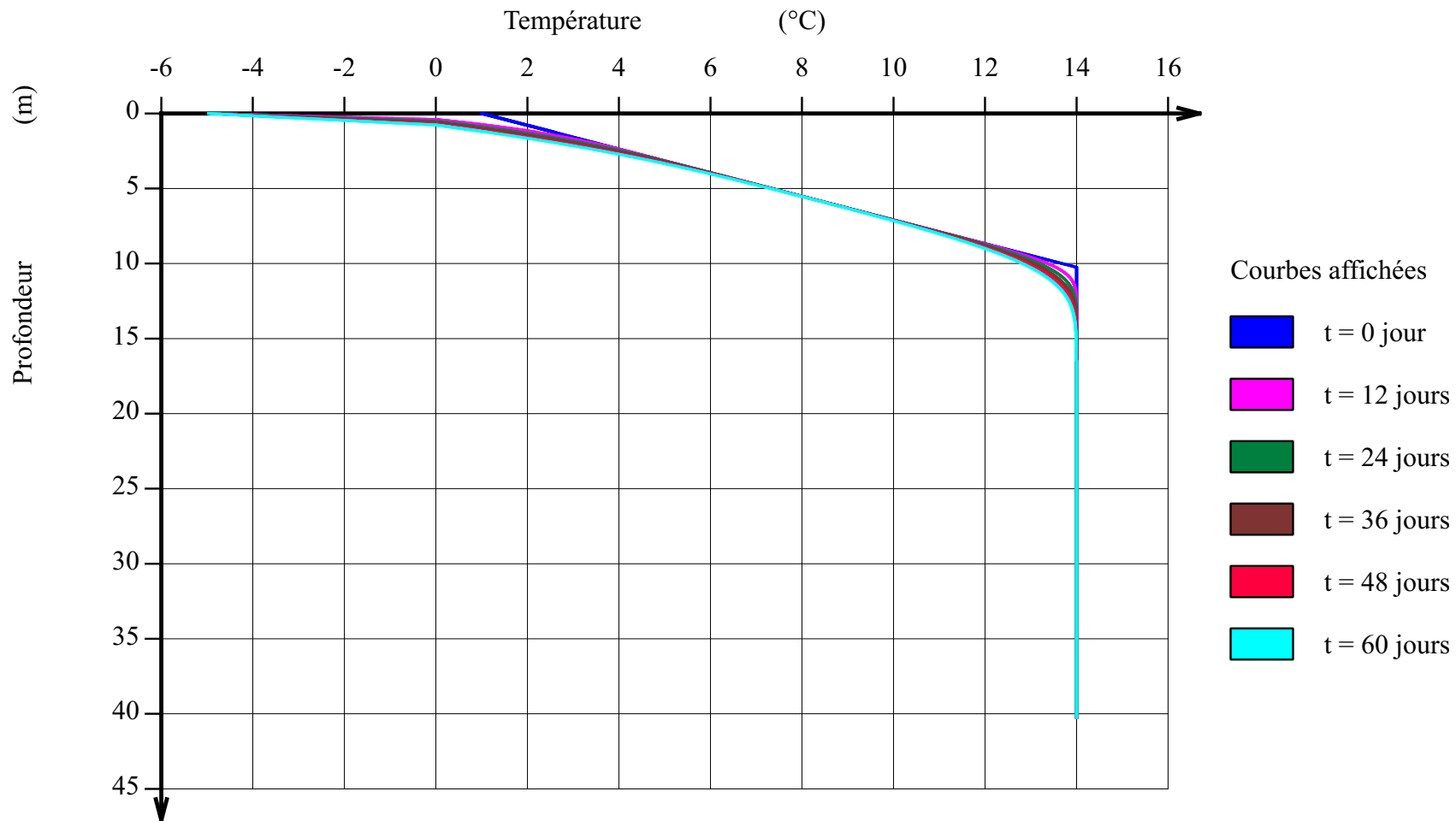
6 Graphe Ia et Is = f(Qpf)



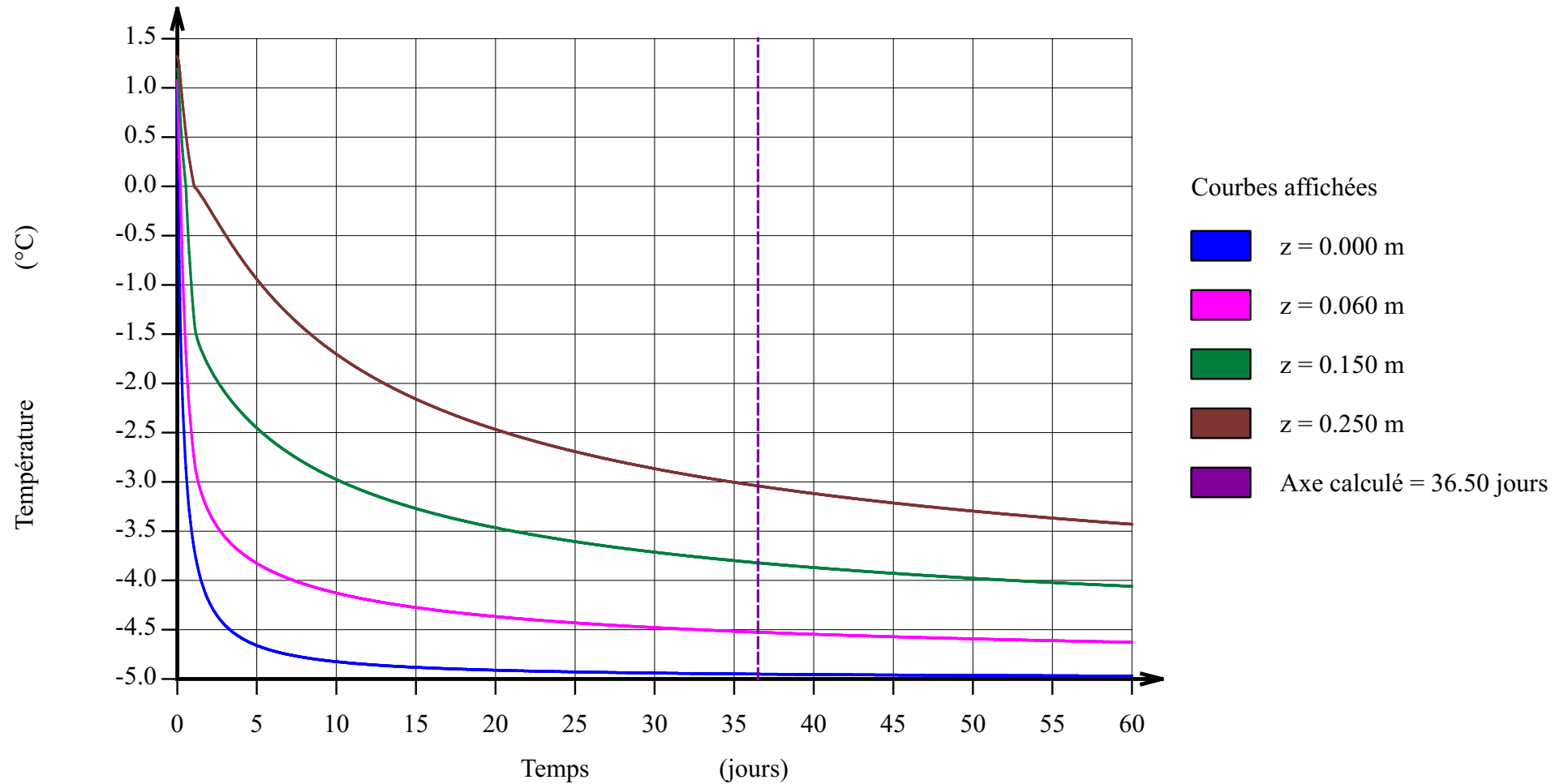
7 Graphe Quantité de gel = f(t)



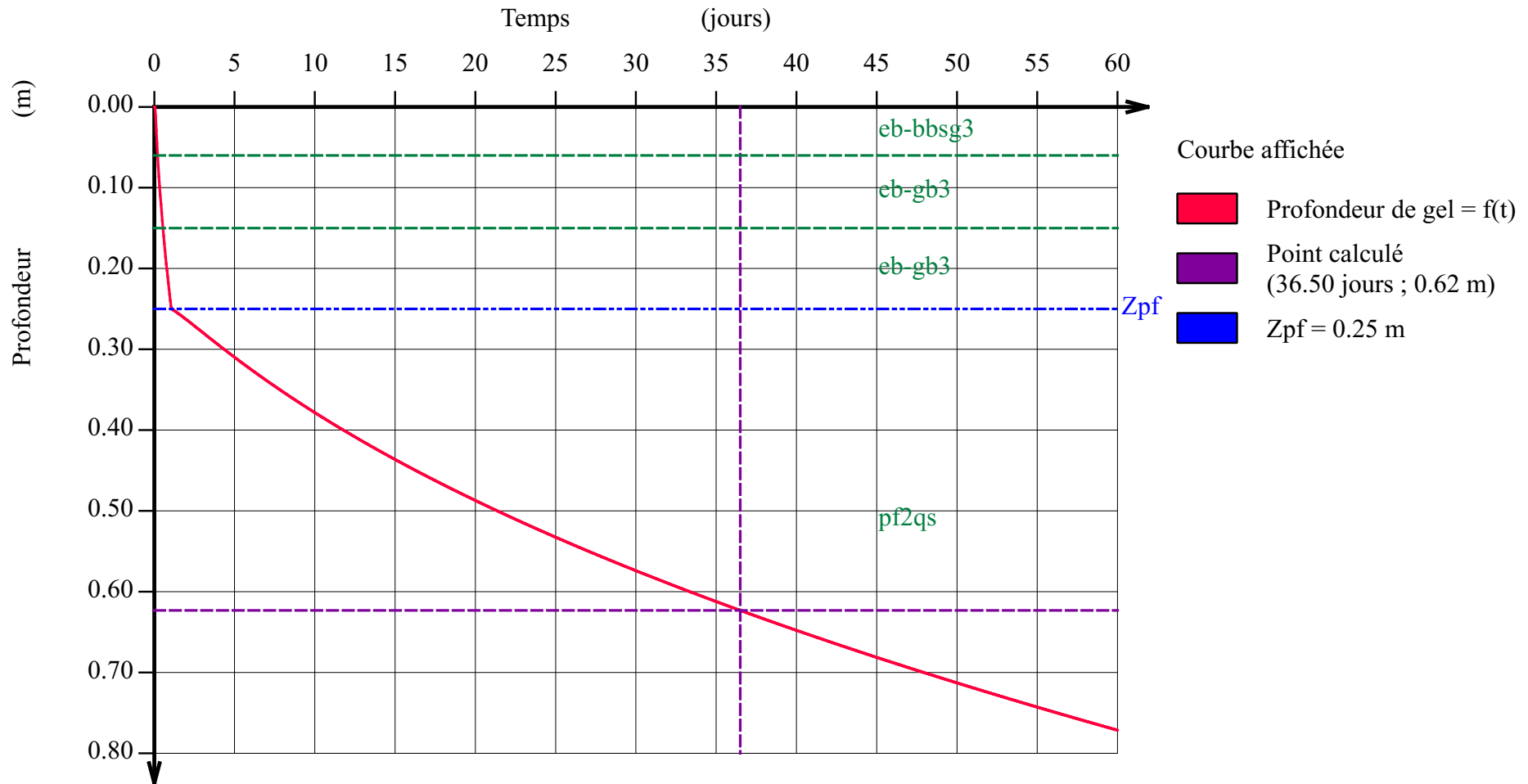
8 Graphe Profils $\theta = f(z)$



9 Graphe Température aux interfaces et à la surface en fonction du temps



10 Graphe Profondeur de gel en fonction du temps



11 Conclusion

L'épaisseur de matériaux non gélifs nécessaires est de 80cm

/!\ Les épaisseurs de matériaux non gélifs données correspondent aux épaisseurs minimales nécessaires pour vérifier la structure au gel-dégel ; l'épaisseur de couche de forme + couche de réglage à retenir doit également être considérée au regard des prescriptions données par les études G2 AVP et G2 PRO (selon normes NF P94-500).

Alizé-Lcpc - Dimensionnement des structures de chaussées
selon la méthode rationnelle Lcpc-Sétra

Signalement du calcul :

- données Structure : saisie écran
- origine fichier C:\Users\srizet\Documents\A72\A72.dat
- titre de l'étude : sans titre

- données Chargement :
- jumelage standard de 65 kN
- pression verticale : 0,6620 MPa
- rayon de contact : 0,1250 m
- entraxe jumelage : 0,3750 m

unités : m, MN et MPa ; déformations en $\mu\text{déf}$; déflexions en mm/100

Tableau 1 (synthèse) :

**tractions principales majeures dans le plan horizontal XoY et
compressions principales majeures selon la verticale ZZ ; déflexion maximale**

	niveau calcul	EpsilonT horizontale	SigmaT horizontale	EpsilonZ verticale	SigmaZ verticale
<i>surface (z=0.000)</i>					
h= 0,060 m	0,000m	34,6	0,477	-7,9	0,658
E= 7000,0 MPa					
nu= 0,350	0,060m	16,8	0,381	31,6	0,598
<i>collé (z=0,060m)</i>					
h= 0,110 m	0,060m	16,8	0,482	19,8	0,598
E= 9000,0 MPa					
nu= 0,350	0,170m	-17,3	-0,119	32,2	0,227
<i>collé (z=0,170m)</i>					
h= 0,120 m	0,170m	-17,3	-0,119	32,2	0,227
E= 9000,0 MPa					
nu= 0,350	0,290m	-68,7	-0,855	62,8	0,021
<i>collé (z=0,290m)</i>					
h infini	0,290m	-68,7	0,003	222,5	0,021
E= 80,0 MPa					
nu= 0,350					

Déflexion maximale =33,9 mm/100 (entre-jumelage)

Rayon de courbure =1202,5 m (entre-jumelage)

Calcul de Valeur admissible - matériau : bitumineux - eb-gb3

données de trafic :

MJA = 418 pl/j/sens/voie
accroisst géom. = 1,50%
période de calcul = 30,0 années
trafic cumulé NPL = 5 727 300 PL

données déduites :

accroisst arith. = 1,73%

trafic cumulé équivalent NE :

coefficient CAM = 0,80
trafic cumulé NE = 4 581 800 essieux standard

données sur le matériau :

Epsilon6 = 90,00 $\mu\text{déf}$
pente inverse 1/b = -5,00
TétaEq = 15 °C
module E(10°C) = 11880 MPa
module E(TétaEq) = 9000 MPa
Ep. bitumineuse struct. = 0,290 m
(PF avec réglage fin +/- 1.5 cm)
écart type Sh = 0,015 m
écart type SN = 0,300
risque = 5,0%
coefficient Kr = 0,7760
coefficient Ks = 1/1,065
coefficient Kc = 1,3

EpsilonT admissible = 72,2 $\mu\text{déf}$

Rapport de calcul

Vérification au gel

A72 - Vérification au gel - Bretelle Ech 14

Auteur : Simon Rizet

Édité le : 01/04/2025 à 15:21:43

Avertissement :

Les épaisseurs de matériaux non gélifs données correspondent aux épaisseurs minimales nécessaires pour vérifier la structure au gel-dégel ; l'épaisseur de couche de forme + couche de réglage à retenir doit également être considérée au regard des prescriptions données par les études G2 AVP et G2 PRO (selon normes NF P94-500).

1 Structure

Bibliothèque	Type	Ep (m)	ρ (kg/m ³)	W (%)	λ_{ng} (W/m.°C)	λ_g (W/m.°C)
NF P98-086 v2019	eb-bbsg3	0.06	2350	1	2	2.1
NF P98-086 v2019	eb-gb3	0.11	2350	1	1.9	1.9
NF P98-086 v2019	eb-gb3	0.12	2350	1	1.9	1.9
Sommet de la plateforme Zpf						
NF P98-086 v2019	pf2qs	40	1300	32	1.1	1.8

2 Modèle de température

Températures : Modèle Lcpc-Sétra

3 Conditions météorologiques

Paramètres de calcul de l'indice de gel admissible I_a

K_{cr} : 0.7

Hors agglomération ou agglomération de moins de 100 000 habitants.

Choix de l'indice de gel de référence I_r

Hiver de type exceptionnel

Station : Saint-Etienne

I_r : 220 °C.j

4 Détermination de Q_{pf}

4-1 Modélisation de la plateforme et calcul de Q_{pf}

La modélisation décompose la plateforme en trois parties au plus, chacune ayant une épaisseur de sol positive ou nulle, ordonnées du haut vers le bas ainsi :

- SG_n : partie non gélive, associée à la quantité de gel Q_{ng} ;
- SG_p : partie peu gélive, associée à la quantité de gel Q_g ;
- SG_t : partie très gélive, associée à la quantité de gel Q_g .

La quantité de gel Q_{pf} est la somme des quantités de gel liées à la plateforme (Q_{ng} et Q_g) et à la structure de la chaussée (Q_m).

4-2 Choix de la configuration de la plateforme

Plateforme composée d'une partie non gélive sur une partie très gélive :
type b, SG_n / SG_t

4-3 Quantités de gel Qng et Qg des parties non gélive et gélive de la plateforme

Partie du sol	Paramètre	Valeur	Unité
non gélive SGn (Qng)	Epaisseur Hn	0.70	m
	Classification des matériaux	D3	-
	MTLH éventuellement associés à de la chaux	Non	-
	Protection thermique apportée An	12	$(^{\circ}\text{C.j})^{(1/2)}.\text{m}^{-1}$
très gélive SGt (Qg)	Pente p de la droite obtenue à l'essai de gonflement au gel	2	$\text{mm}/(^{\circ}\text{C.h})^{(1/2)}$
Valeur de Qng		7.350	$(^{\circ}\text{C.j})^{(1/2)}$
Valeur de Qg		0.000	$(^{\circ}\text{C.j})^{(1/2)}$

Pour plus de détails, voir les normes :

- NF P98-086 : Dimensionnement des chaussées neuves, vérification au gel / dégel,
- NF P11-300 : Exécution des terrassements, classification des matériaux utilisables en construction routière

4-4 Quantité de gel Q_m liée à la structure de la chaussée

Type de chaussée	Chaussée épaisse (matériaux liés > 20 cm)
Détermination de e	Calcul automatique basé sur la couche et le critère sélectionnés
Couche sélectionnée	Couche 3 eb-gb3
Critère sélectionné	σT
Valeur de e	0.025 m
Q_m	$0.250 (^\circ\text{C}.\text{j})^{(1/2)}$

4-5 Quantité de gel totale Q_{pf}

$$Q_{ng} : 7.350 (^\circ\text{C}.\text{j})^{(1/2)}$$

$$Q_g : 0.000 (^\circ\text{C}.\text{j})^{(1/2)}$$

$$Q_m : \underline{\underline{0.250 (^\circ\text{C}.\text{j})^{(1/2)}}}$$

$$Q_{pf} : 7.600 (^\circ\text{C}.\text{j})^{(1/2)}$$

5 Résultats

Caractéristiques calculées :

- Quantité de gel admissible au niveau de la plateforme : $Q_{pf} = 7.60 (°C.j)^{(1/2)}$
- Temps = 33.38 j
- Profondeur de gel : $Z_{gel} = 0.61 \text{ m}$
- Indice de gel atmosphérique admissible : $I_a = 236.32 °C.j$

Référence choisie :

- Valeur de l'indice de gel de référence $I_r = 220 °C.j$
- Station météorologique correspondante : Saint-Etienne

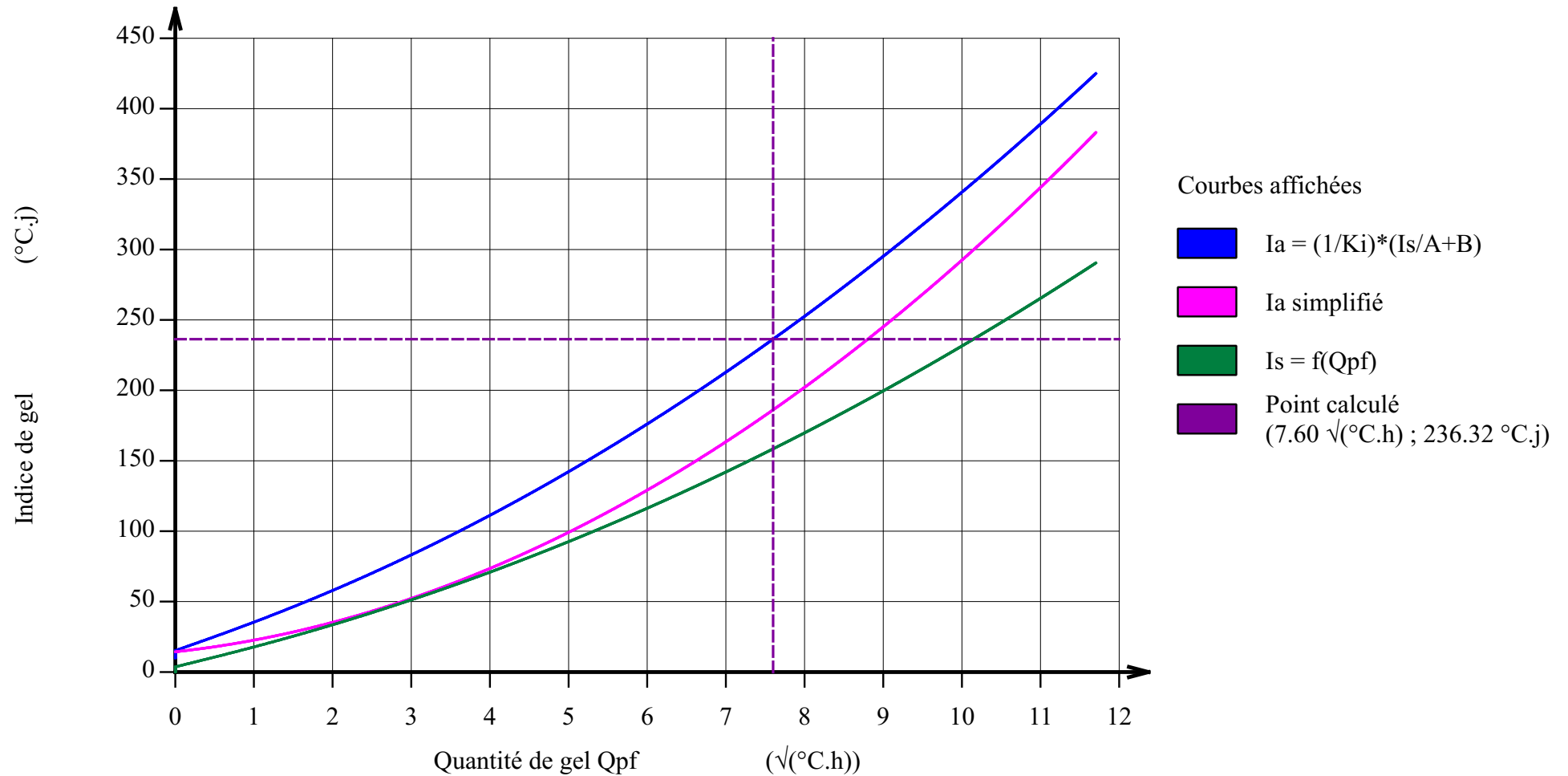
Pour que la vérification au gel-dégel soit satisfaite, il faut que la valeur de l'indice de gel atmosphérique admissible I_a soit supérieure ou égale à celle de l'indice de gel I_r choisie.

$$I_a = 236.32 °C.j \geq I_r = 220 °C.j$$

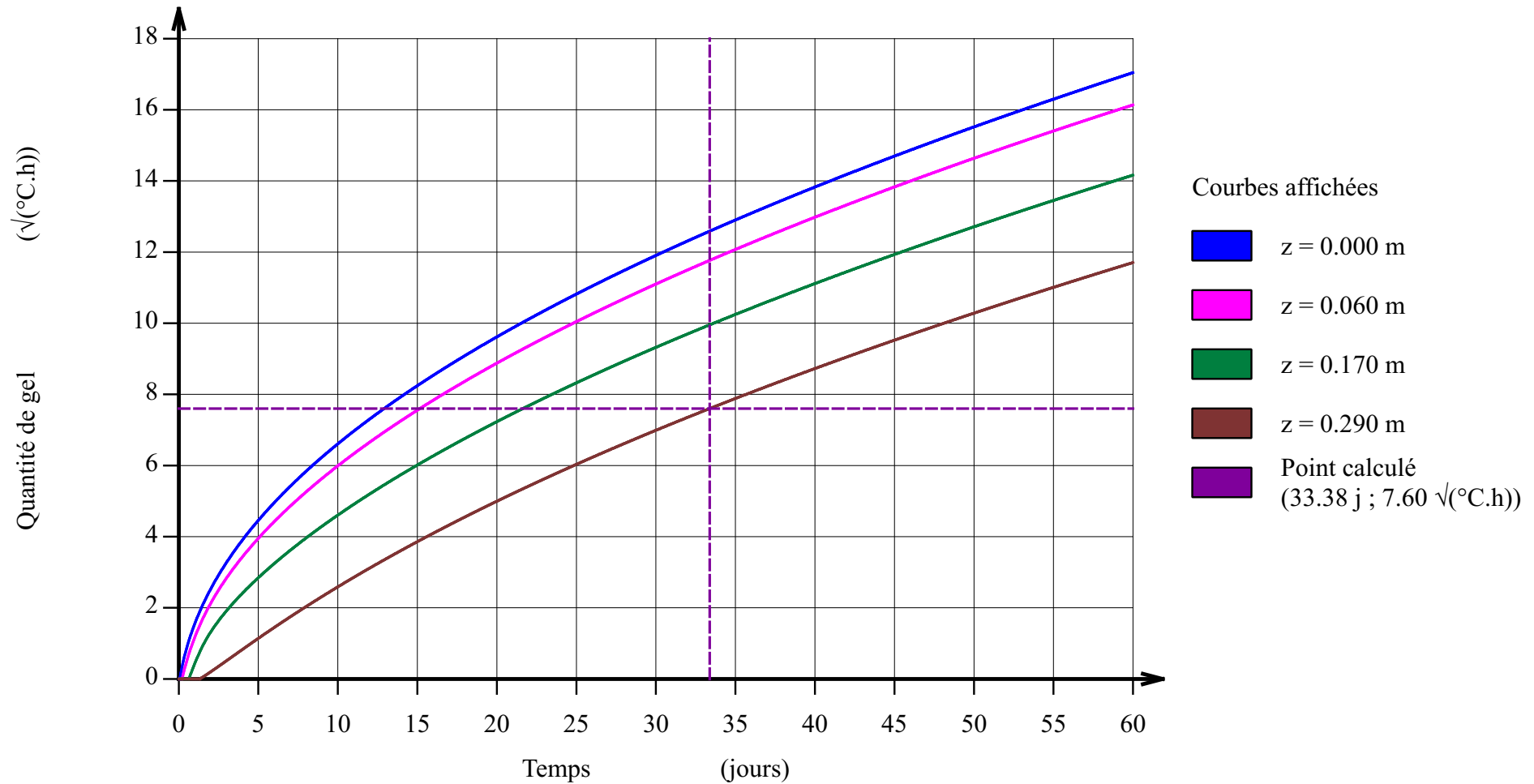
Vérification satisfaite.

La capacité de l'ensemble du sol et de la structure à résister aux cycles de gel-dégel est vérifiée dans la limite des hypothèses émises.

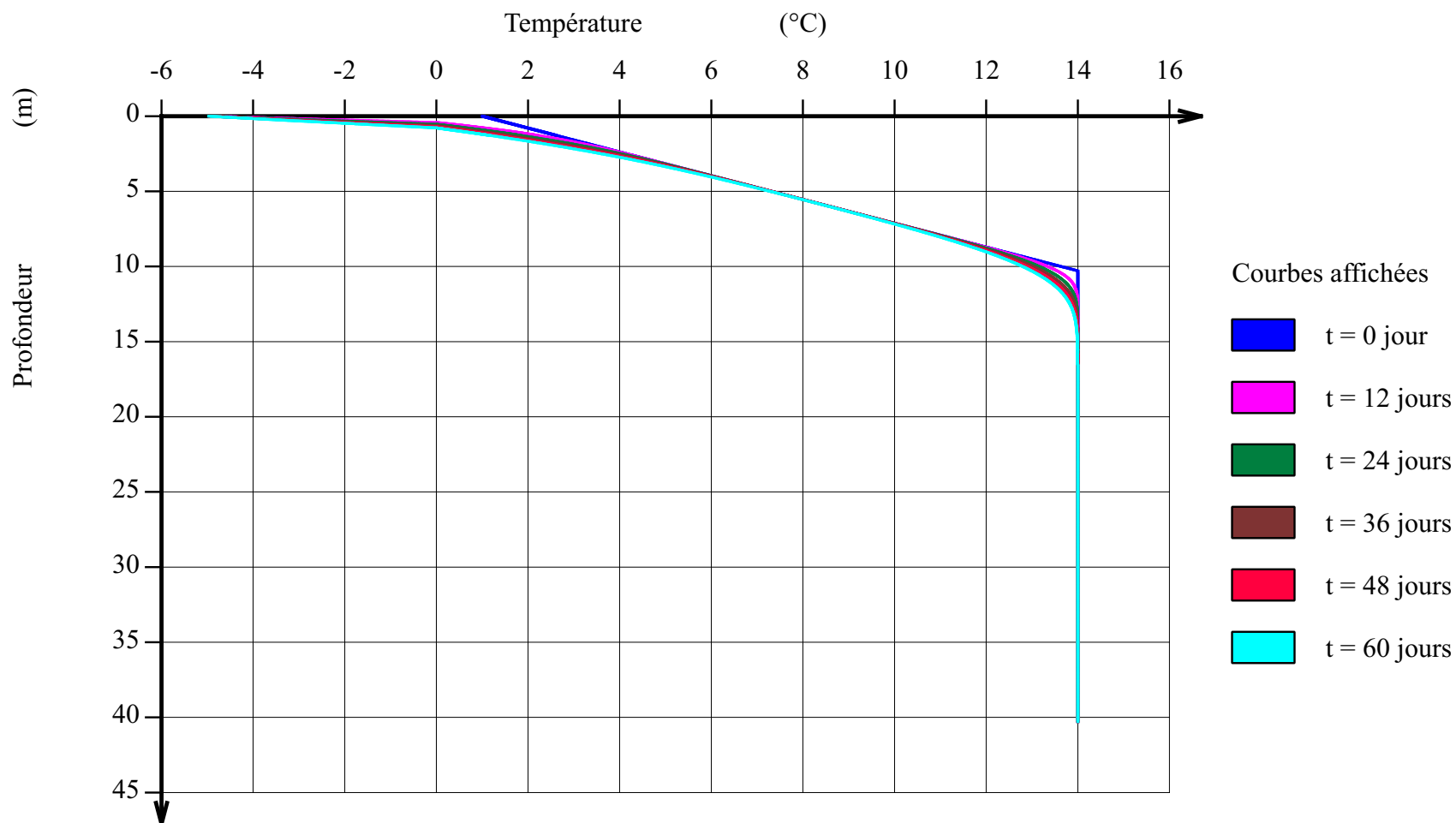
6 Graphe Ia et Is = f(Qpf)



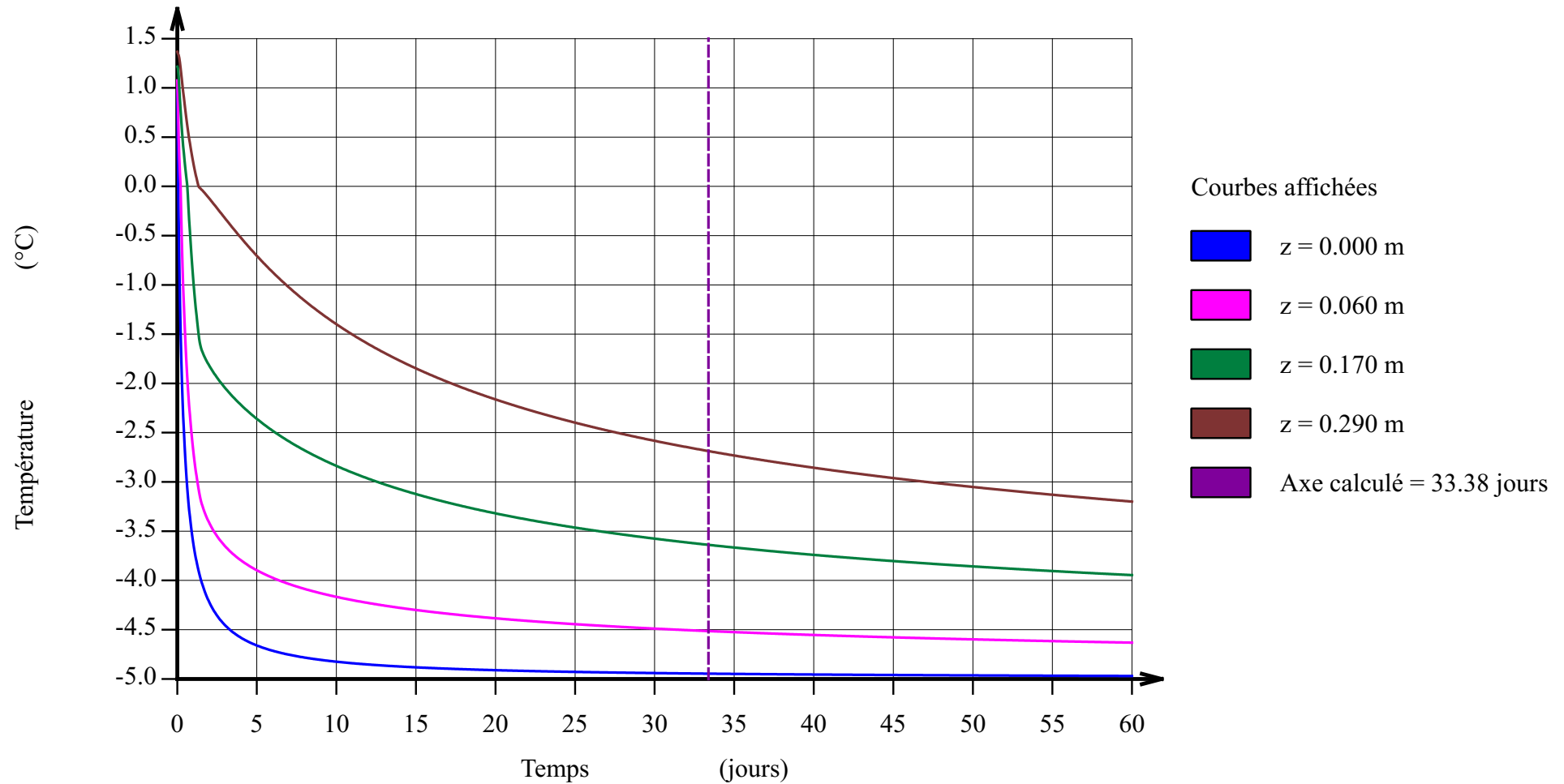
7 Graphe Quantité de gel = f(t)



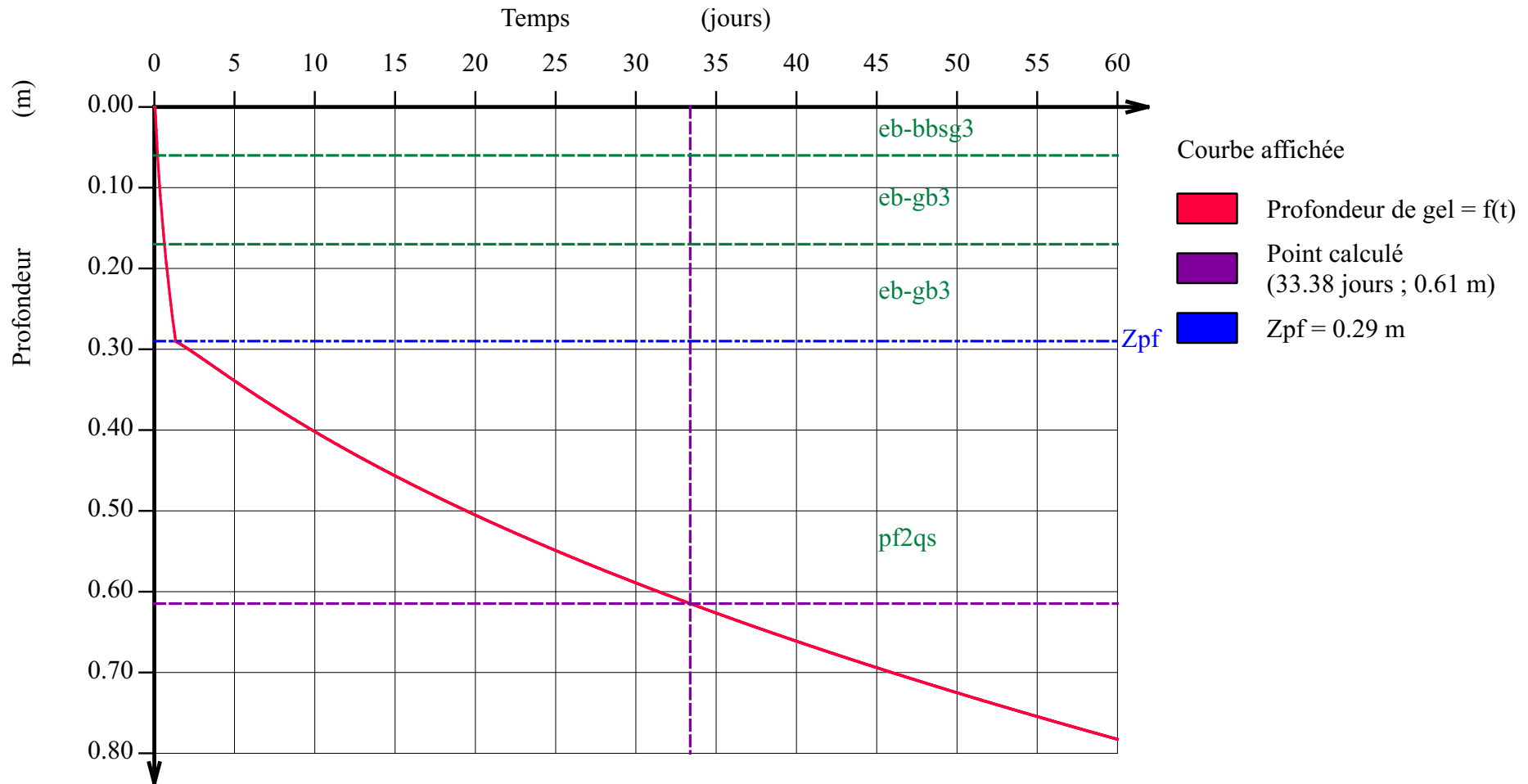
8 Graphe Profils $\theta = f(z)$



9 Graphe Température aux interfaces et à la surface en fonction du temps



10 Graphe Profondeur de gel en fonction du temps



11 Conclusion

L'épaisseur de matériaux non gélifs nécessaires est de 70cm

/!\ Les épaisseurs de matériaux non gélifs données correspondent aux épaisseurs minimales nécessaires pour vérifier la structure au gel-dégel ; l'épaisseur de couche de forme + couche de réglage à retenir doit également être considérée au regard des prescriptions données par les études G2 AVP et G2 PRO (selon normes NF P94-500).

Alizé-Lcpc - Dimensionnement des structures de chaussées
selon la méthode rationnelle Lcpc-Sétra

Signalement du calcul :

- données Structure : saisie écran
- origine fichier C:\Users\srizet\Documents\A72\A72.dat
- titre de l'étude : sans titre

- données Chargement :
- jumelage standard de 65 kN
- pression verticale : 0,6620 MPa
- rayon de contact : 0,1250 m
- entraxe jumelage : 0,3750 m

unités : m, MN et MPa ; déformations en $\mu\text{déf}$; déflexions en mm/100

Tableau 1 (synthèse) :

**tractions principales majeures dans le plan horizontal XoY et
compressions principales majeures selon la verticale ZZ ; déflexion maximale**

	niveau calcul	EpsilonT horizontale	SigmaT horizontale	EpsilonZ verticale	SigmaZ verticale
<i>surface (z=0.000)</i>					
h= 0,060 m	0,000m	42,5	0,574	-18,1	0,658
E= 7000,0 MPa					
nu= 0,350	0,060m	19,2	0,418	27,6	0,591
<i>collé (z=0,060m)</i>					
h= 0,100 m	0,060m	19,2	0,530	15,9	0,591
E= 9000,0 MPa					
nu= 0,350	0,160m	-22,2	-0,188	36,7	0,225
<i>collé (z=0,160m)</i>					
h= 0,100 m	0,160m	-22,2	-0,188	36,7	0,225
E= 9000,0 MPa					
nu= 0,350	0,260m	-81,1	-0,998	74,2	0,025
<i>collé (z=0,260m)</i>					
h infini	0,260m	-81,1	0,004	264,2	0,025
E= 80,0 MPa					
nu= 0,350					

Déflexion maximale = 37,4 mm/100 (entre-jumelage)

Rayon de courbure = 1011,4 m (entre-jumelage)

Calcul de Valeur admissible - matériau : bitumineux - eb-gb3

données de trafic :

MJA = 265 pl/j/sens/voie
accroisst géom. = 1,50%
période de calcul = 30,0 années
trafic cumulé NPL = 3 630 900 PL

données déduites :

accroisst arith. = 1,73%

trafic cumulé équivalent NE :

coefficient CAM = 0,80
trafic cumulé NE = 2 904 700 essieux standard

données sur le matériau :

Epsilon6 = 90,00 $\mu\text{déf}$
pente inverse 1/b = -5,00
TétaEq = 15 °C
module E(10°C) = 11880 MPa
module E(TétaEq) = 9000 MPa
Ep. bitumineuse struct. = 0,260 m
(PF avec réglage fin +/- 1.5 cm)
écart type Sh = 0,015 m
écart type SN = 0,300
risque = 12,0%
coefficient Kr = 0,8340
coefficient Ks = 1/1,065
coefficient Kc = 1,3

EpsilonT admissible = 85,0 $\mu\text{déf}$

Rapport de calcul

Vérification au gel

A72 - Vérification au gel - Bretelle Ech 15

Auteur : Simon Rizet

Édité le : 01/04/2025 à 15:15:38

Avertissement :

Les épaisseurs de matériaux non gélifs données correspondent aux épaisseurs minimales nécessaires pour vérifier la structure au gel-dégel ; l'épaisseur de couche de forme + couche de réglage à retenir doit également être considérée au regard des prescriptions données par les études G2 AVP et G2 PRO (selon normes NF P94-500).

1 Structure

Bibliothèque	Type	Ep (m)	ρ (kg/m ³)	W (%)	λ_{ng} (W/m.°C)	λ_g (W/m.°C)
NF P98-086 v2019	eb-bbsg3	0.06	2350	1	2	2.1
NF P98-086 v2019	eb-gb3	0.1	2350	1	1.9	1.9
NF P98-086 v2019	eb-gb3	0.1	2350	1	1.9	1.9
Sommet de la plateforme Zpf						
NF P98-086 v2019	pf2qs	40	1300	32	1.1	1.8

2 Modèle de température

Températures : Modèle Lcpc-Sétra

3 Conditions météorologiques

Paramètres de calcul de l'indice de gel admissible I_a

K_{cr} : 0.7

Hors agglomération ou agglomération de moins de 100 000 habitants.

Choix de l'indice de gel de référence I_r

Hiver de type exceptionnel

Station : Saint-Etienne

I_r : 220 °C.j

4 Détermination de Q_{pf}

4-1 Modélisation de la plateforme et calcul de Q_{pf}

La modélisation décompose la plateforme en trois parties au plus, chacune ayant une épaisseur de sol positive ou nulle, ordonnées du haut vers le bas ainsi :

- SG_n : partie non gélive, associée à la quantité de gel Q_{ng} ;
- SG_p : partie peu gélive, associée à la quantité de gel Q_g ;
- SG_t : partie très gélive, associée à la quantité de gel Q_g .

La quantité de gel Q_{pf} est la somme des quantités de gel liées à la plateforme (Q_{ng} et Q_g) et à la structure de la chaussée (Q_m).

4-2 Choix de la configuration de la plateforme

Plateforme composée d'une partie non gélive sur une partie très gélive :
type b, SG_n / SG_t

4-3 Quantités de gel Qng et Qg des parties non gélive et gélive de la plateforme

Partie du sol	Paramètre	Valeur	Unité
non gélive SGn (Qng)	Epaisseur Hn	0.80	m
	Classification des matériaux	D3	-
	MTLH éventuellement associés à de la chaux	Non	-
	Protection thermique apportée An	12	$(^{\circ}\text{C.j})^{(1/2)}.\text{m}^{-1}$
très gélive SGt (Qg)	Pente p de la droite obtenue à l'essai de gonflement au gel	2	$\text{mm}/(^{\circ}\text{C.h})^{(1/2)}$
Valeur de Qng		8.533	$(^{\circ}\text{C.j})^{(1/2)}$
Valeur de Qg		0.000	$(^{\circ}\text{C.j})^{(1/2)}$

Pour plus de détails, voir les normes :

- NF P98-086 : Dimensionnement des chaussées neuves, vérification au gel / dégel,
- NF P11-300 : Exécution des terrassements, classification des matériaux utilisables en construction routière

4-4 Quantité de gel Q_m liée à la structure de la chaussée

Type de chaussée	Chaussée épaisse (matériaux liés > 20 cm)
Détermination de e	Calcul automatique basé sur la couche et le critère sélectionnés
Couche sélectionnée	Couche 3 eb-gb3
Critère sélectionné	σT
Valeur de e	0.021 m
Q_m	$0.210 (^{\circ}\text{C}.\text{j})^{(1/2)}$

4-5 Quantité de gel totale Q_{pf}

$$Q_{ng} : 8.533 (^{\circ}\text{C}.\text{j})^{(1/2)}$$

$$Q_g : 0.000 (^{\circ}\text{C}.\text{j})^{(1/2)}$$

$$Q_m : \underline{\underline{0.210 (^{\circ}\text{C}.\text{j})^{(1/2)}}}$$

$$Q_{pf} : 8.743 (^{\circ}\text{C}.\text{j})^{(1/2)}$$

5 Résultats

Caractéristiques calculées :

- Quantité de gel admissible au niveau de la plateforme : $Q_{pf} = 8.74 (^\circ\text{C.j})^{(1/2)}$
- Temps = 37.47 j
- Profondeur de gel : $Z_{gel} = 0.63 \text{ m}$
- Indice de gel atmosphérique admissible : $I_a = 265.21 ^\circ\text{C.j}$

Référence choisie :

- Valeur de l'indice de gel de référence $I_r = 220 ^\circ\text{C.j}$
- Station météorologique correspondante : Saint-Etienne

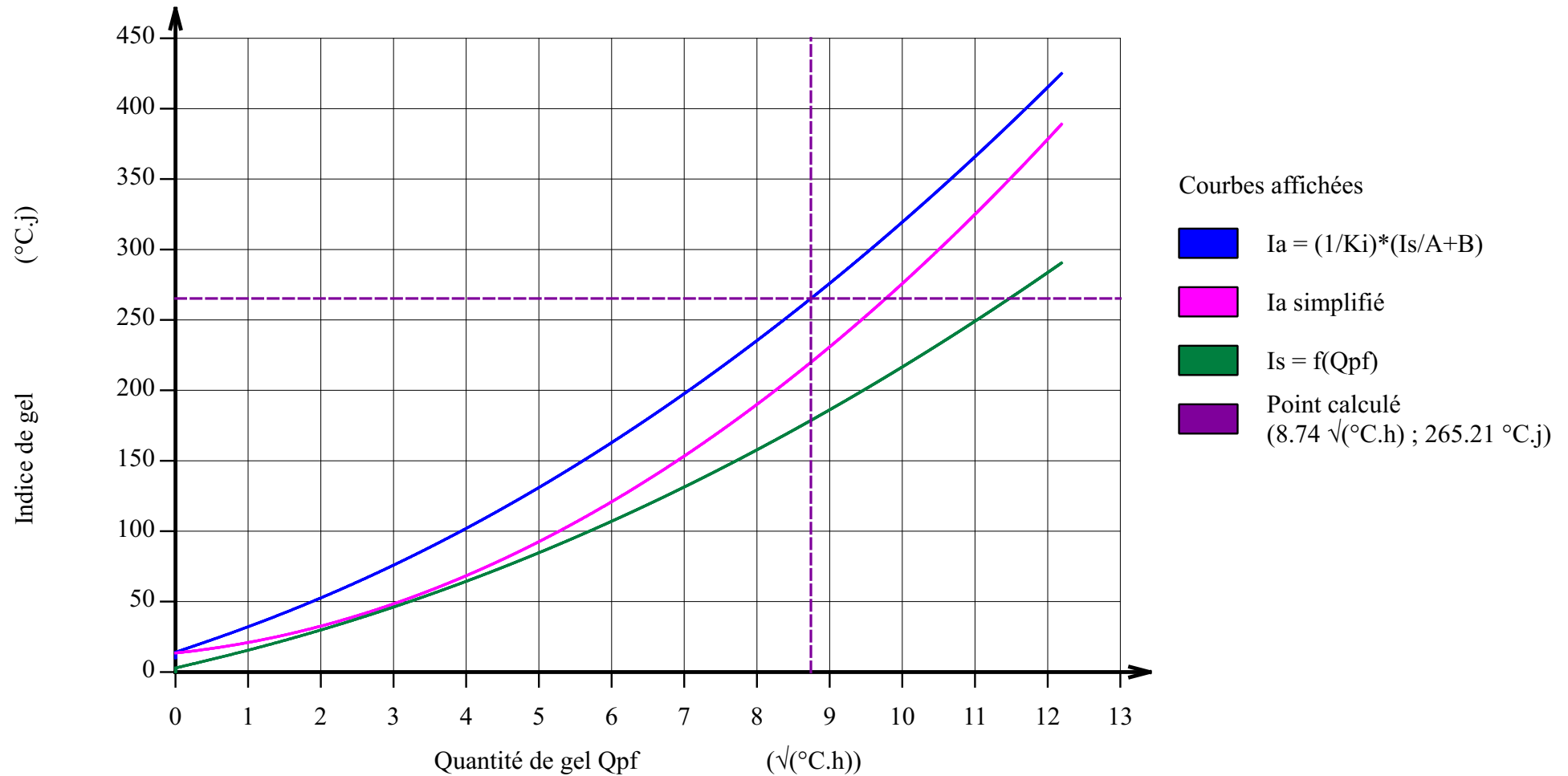
Pour que la vérification au gel-dégel soit satisfaite, il faut que la valeur de l'indice de gel atmosphérique admissible I_a soit supérieure ou égale à celle de l'indice de gel I_r choisie.

$$I_a = 265.21 ^\circ\text{C.j} \geq I_r = 220 ^\circ\text{C.j}$$

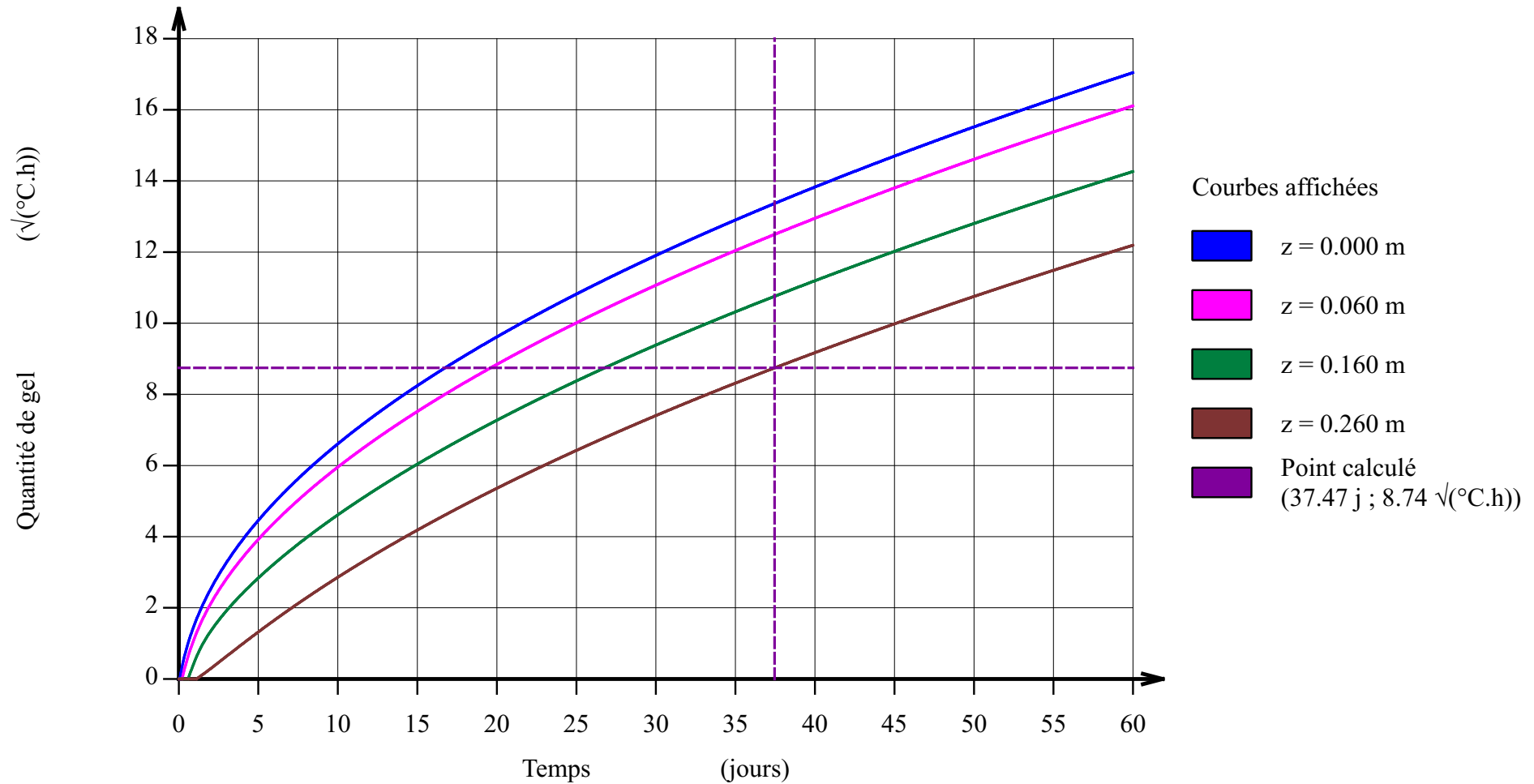
Vérification satisfaite.

La capacité de l'ensemble du sol et de la structure à résister aux cycles de gel-dégel est vérifiée dans la limite des hypothèses émises.

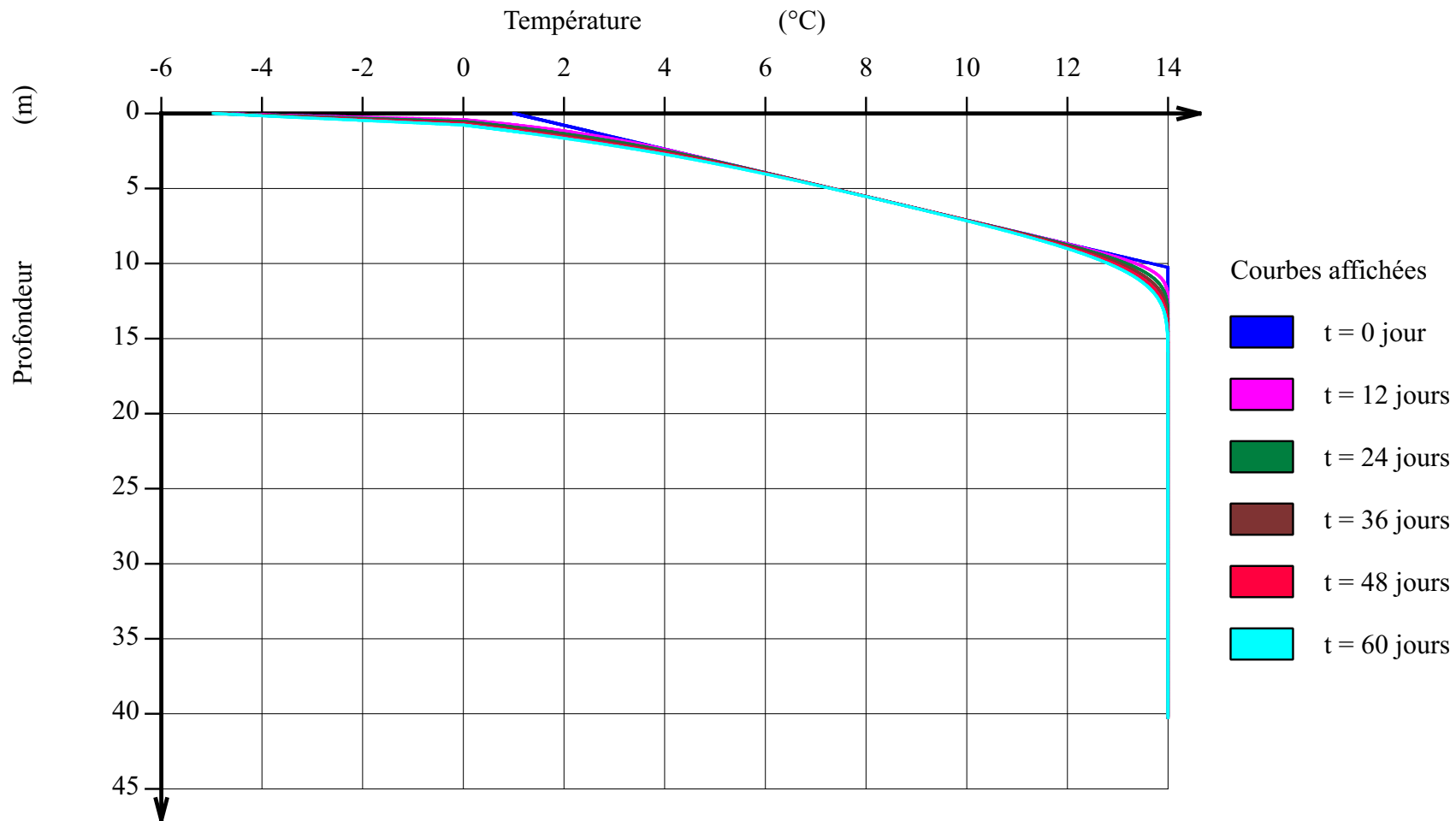
6 Graphe Ia et Is = f(Qpf)



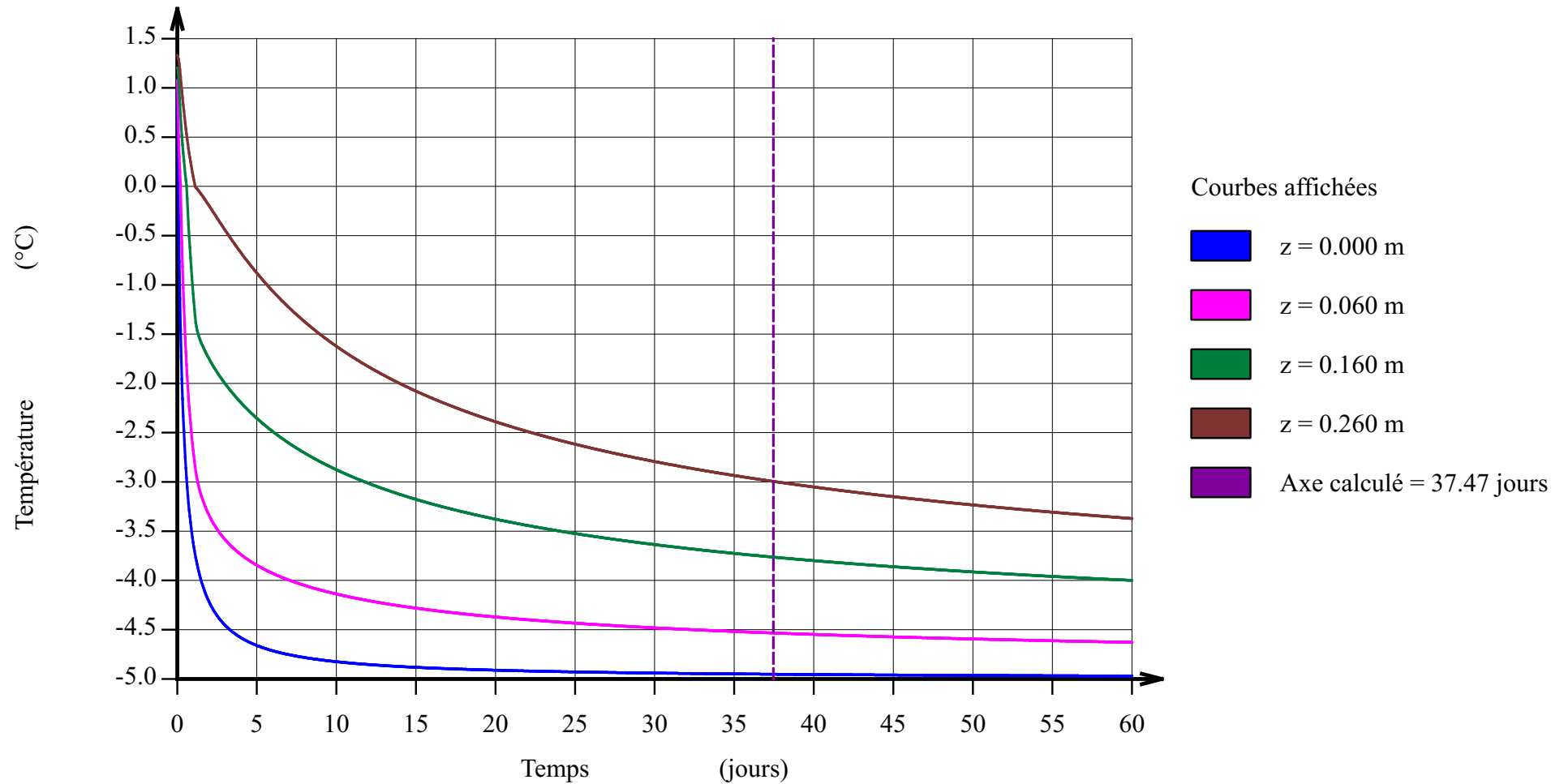
7 Graphe Quantité de gel = f(t)



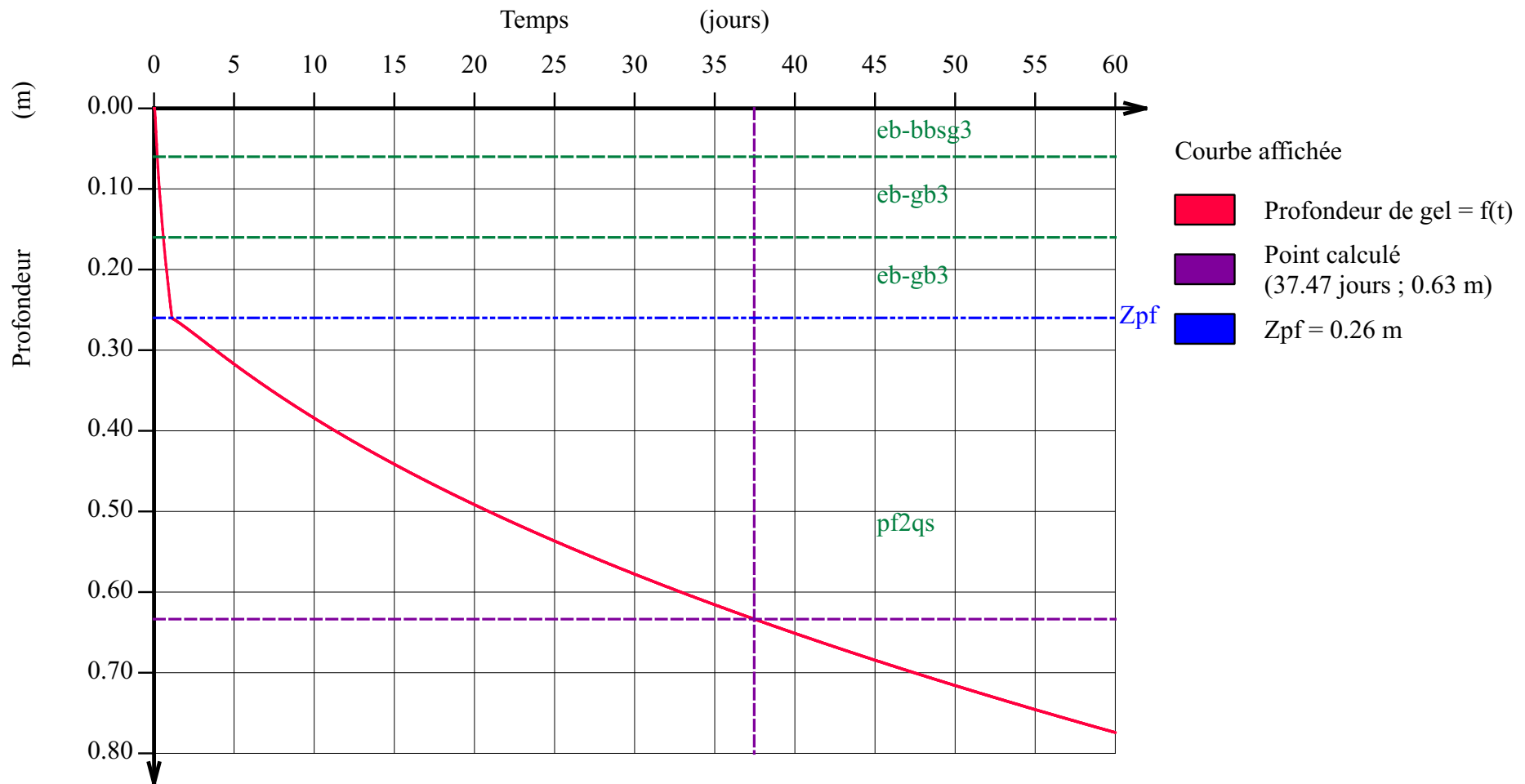
8 Graphe Profils $\theta = f(z)$



9 Graphe Température aux interfaces et à la surface en fonction du temps



10 Graphe Profondeur de gel en fonction du temps



11 Conclusion

L'épaisseur de matériaux non gélifs nécessaires est de 80cm

/!\ Les épaisseurs de matériaux non gélifs données correspondent aux épaisseurs minimales nécessaires pour vérifier la structure au gel-dégel ; l'épaisseur de couche de forme + couche de réglage à retenir doit également être considérée au regard des prescriptions données par les études G2 AVP et G2 PRO (selon normes NF P94-500).