



Pôle Appui Territorial
Direction des Mobilités
Territoire de Saint-Flour

CONSEIL DÉPARTEMENTAL DU CANTAL

-O-O-O-O-O-

ARRÊTÉ

portant accord technique de voirie

Communes de ANGLARDS de SAINT-FOUR et VAL D'ARCOMIE lieu-dit : Garabit

Route Départementale n°909 (Hors agglomération)

Annule et remplace la PV n°26-0031 du 9 Janvier 2026

Le Président du Conseil départemental du Cantal,

Vu le Code de la Route,

Vu le Code de la Voirie Routière,

Vu le Code Général des Collectivités Territoriales,

Vu l'arrêté interministériel du 24 novembre 1967 modifié, relatif à la signalisation des routes et des autoroutes,

Vu l'instruction interministérielle sur la signalisation routière et notamment la 8^{ème} partie - Signalisation Temporaire,

Vu le Règlement de Voirie Départementale adopté par délibération le 18 septembre 2015,

Vu l'arrêté n° 25-3545 du 26 novembre 2025 portant délégation de signature de Monsieur le Président du Conseil Départemental du Cantal aux Directeurs et Chefs de Services départementaux,

Vu la demande de RTE Centre Développement et Ingénierie de Lyon,

Vu les éléments techniques (principe de pose, plan d'implantation, dimensionnement des fixations, fiches techniques, vérification des encorbellements) transmis par RTE et figurant en PJ,

ARRÊTE

ARTICLE 1 : Prescriptions techniques

L'entreprise RTE est autorisée à réaliser la pose de la liaison 60 KV Margeride-Saint-Flour-Arcomie en encorbellement sur le Pont de Garabit dans l'emprise de la RD909 au PR 43+280 au lieu-dit Garabit communes de Anglards de Saint-Flour et Val d'Arcomie selon les prescriptions suivantes :

- Les consoles en acier galvanisé à chaud soutenant les câbles seront fixées en sous face du tablier (côté aval de l'ouvrage) par scellement chimique de tiges filetées en inox de qualité A4. Les ancrages des consoles seront centrés entre les câbles de précontrainte dont l'espacement régulier est de 76 cm.
- Le capot de protection de l'ensemble sera en aluminium laqué qualité marine 5754 H111
- Un carottage sera réalisé dans chaque culée pour permettre le passage des tubes. Le cachetage des carottages sera réalisé avec une plaque en PEHD. Des renforts en carbone seront réalisés de part et d'autre des carottages conformément au projet présenté.
- Un drain transversal Ø110 mm en PEHD double paroi SN8 sera réalisé à chaque extrémité de l'ouvrage pour permettre l'évacuation des eaux circulant dans les tranchées. Le départ du drain se fera à partir d'un regard de jonction visitable faisant office de puits. La sortie du drain dans les murs garde-grèves des culées se fera par l'intermédiaire d'une tête en inox qui sera scellée

La charge apportée sur l'encorbellement par la nacelle négative utilisée pour effectuer les travaux devra être inférieure à la charge réglementaire prise en compte dans la vérification de l'encorbellement de l'ouvrage. A ce titre l'utilisation d'une nacelle VL MOOG MBI 70, comportant une roue panier appuyée sur le trottoir, est autorisée (conformément au croquis et à la note en PJ).

ARTICLE 2 : Validité et renouvellement de l'autorisation

La présente autorisation est délivrée à titre précaire et révocable, et ne confère aucun droit réel à son titulaire. Elle peut être retirée à tout moment pour des raisons de gestion de voirie ou les besoins de réparation de l'ouvrage sans qu'il puisse résulter, pour ce dernier, de droit à indemnité.

ARTICLE 3 : Signalisation du chantier.

Le bénéficiaire aura à sa charge la signalisation réglementaire de son chantier. Il sera responsable des accidents pouvant survenir par défaut ou insuffisance de cette signalisation.

ARTICLE 4 : Début d'exécution des travaux – Constat préalable des lieux

L'intervenant préalablement au début d'exécution des travaux peut solliciter auprès du Département un constat contradictoire de l'état des lieux du domaine public routier. En l'absence de ce constat, la chaussée et ses dépendances sont réputées être en bon état.

ARTICLE 5 : Fin des travaux

Dans le cas où l'exécution de l'autorisation ne serait pas conforme aux prescriptions techniques, et plus généralement en cas de désordre constaté sur le domaine public routier imputable aux travaux autorisés, l'intervenant doit procéder aux réparations. En cas de carence, le Département procède ou fait procéder d'office aux travaux nécessaires aux frais et risques de l'intervenant.

L'intervenant doit entretenir en bon état les ouvrages implantés sur le domaine public.

ARTICLE 6 : Responsabilité

L'autorisation est délivrée à titre personnel et ne peut être cédée.

Son titulaire est responsable tant vis-à-vis du Département que vis-à-vis des tiers, des accidents de toute nature qui pourraient résulter de la réalisation des travaux ou de l'installation des biens mobiliers.

Les droits des tiers sont et demeurent expressément réservés. Plus généralement, l'obtention du présent arrêté ne dispense pas le bénéficiaire de demander toute autre autorisation ou de procéder à toute autre formalité prévue par les lois et règlements.

ARTICLE 7 : Délais de recours

Le présent arrêté est susceptible d'un recours devant le tribunal administratif de Clermont-Ferrand dans un délai de deux mois à compter de sa notification.

Il peut également faire l'objet, dans le même délai, d'un recours gracieux auprès du Président du Conseil départemental du Cantal.

Le tribunal Administratif peut être saisi par l'application informatique « Télé recours citoyens » accessible par le site internet www.telerecours.fr

ARTICLE 8 : Ampliation

L'exécution du présent arrêté sera publié sous forme électronique sur le site internet du Département du Cantal

Copie du présent arrêté est transmis à :

- M. le Directeur des Mobilités.
- MM. les maires de Anglards de Saint-Flour et Val d'Arcomie
- M. le Directeur de RTE Centre Développement et Ingénierie de Lyon,

Chargés chacun en ce qui le concerne, d'en assurer l'exécution.

A Aurillac le 30 janvier 2026 .

Pour le Président du Conseil départemental et par délégation
Le Directeur des Mobilités



Philippe FABREGUE



sixense

GAUTHIER

Pont sur la Truyère

Note d'hypothèse et de calculs

Référence	A25 14121 BEI/1
Indice	B
Date	27/10/2025



GAUTHIER

Pont sur la Truyère

Note d'hypothèse et de calculs

Rédigé par	V. DESNOS Chargé d'étude
Contrôlé par	Y. LE GOFF Chef de projet
Destinataire	M. Romain SANSON Chargé d'études techniques

Désignation du document

Référence	Nature	Nb pages	Nb annexe
A25 14121 BEI/1	NDHC	18	0

Suivi des indices

B	23/10/2025	V. DESNOS	Y. LE GOFF	Mise à jour de la géométrie de la console
A	23/10/2025	V. DESNOS	Y. LE GOFF	1 ère diffusion
Indice	Date	Rédaction	Vérification	Motif évolution

SIXENSE ENGINEERING - Agence Rhône Alpes

9, boulevard des Droits de l'Homme
69120 VAULX EN VELIN
Tel : 04 72 37 03 39
www.sixense-group.com

SOMMAIRE

I - OBJET DE LA MISSION.....	4
II - DOCUMENTS DE REFERENCE	4
II.1 - NORMES ET REGLEMENTS	4
II.2 - DOSSIER D'OUVRAGE	4
III - PRESENTATION DE L'OUVRAGE	5
III.1 - DESCRIPTION DE L'OUVRAGE	5
III.2 - VUE EN PLAN ET COUPES DE L'OUVRAGE	5
III.3 - SYSTEME DE PRECONTRAINTE	6
III.3.1 - Phasage de construction et Procédure de mise en tension.....	7
III.3.2 - Tensions des armatures de précontrainte	7
III.3.3 - Charges de dimensionnement de l'encorbellement	7
IV - PRESENTATION DU NOUVEAU SUPPORT DE TUYAU	8
V - HYPOTHESES GENERALES.....	10
V.1 - MATERIAUX.....	10
V.1.1 - Béton	10
V.1.2 - Armatures passives existantes	10
V.1.3 - Armatures de précontrainte.....	10
VI - ACTIONS ET COMBINAISONS CONSIDEREES	11
VI.1 - CHARGES PERMANENTES	11
VI.1.1 - Poids propre	11
VI.1.2 - Charges permanentes additionnelles d'origine	12
VI.1.3 - Charges de projet	12
VI.2 - CHARGE THERMIQUE	12
VI.3 - CHARGE CLIMATIQUE (NEIGE/VENT)	12
VI.4 - SURCHARGE D'EXPLOITATION	12
VI.4.1 - Charge de dimensionnement d'origine	12
VI.4.2 - Charges d'EUROCODE	12
VI.5 - COMBINAISONS	13
VII - VERIFICATION DE L'ENCORBELLEMENT	14
VII.1 - CALCUL DES CHARGES / SOLLICITATIONS	14
VII.1.1 - Charges permanentes actuelles.....	14
VII.1.2 - Charges projetées	15
VII.1.3 - Surcharge d'exploitation d'origine	15
VII.1.4 - Surcharge d'exploitation EUROCODE	15
VII.2 - VERIFICATION DE L'ENCORBELLEMENT A L'ELS / ELU	16
VII.2.1 - Enveloppe des combinaisons d'actions EUROCODE	16
VII.2.2 - Vérification en flexion simple	16
VII.2.3 - Effort tranchant	17
VIII - CONCLUSION	18

I - OBJET DE LA MISSION

Dans le cadre de la mise en place d'une conduite sur le pont routier de la RD 909 sur la Truyère de type VIPP, l'entreprise GAUTHIER souhaite vérifier la tenue structurelle de l'encorbellement sous ses nouvelles charges.

Pour cela l'entreprise GAUTHIER a missionné Sixense Engineering pour la réalisation de cette étude. **Le présent document concerne la justification de l'encorbellement du pont sur la Truyère.**

II - DOCUMENTS DE REFERENCE

II.1 - Normes et règlements

- [1] Règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton armé suivant la méthode des états limites : BAEL 91 révisé 99
- [2] Règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton précontraint suivant la méthode des états limites : BPEL 91 révisé 99
- [3] NF P 06-004 – charges permanentes et charges d'exploitation dues aux forces de pesanteur
- [4] NF EN 1990 : Eurocode structureaux – Base de calcul des structures et NF EN 1990/NA
- [5] NF EN 1990/A1 : Annexe A2 – Application aux ponts et NF EN 1990/A1/NA
- [6] NF EN 1991-1-1 : EUROCODE 1 – Actions sur les structures – Partie 1-1 : Actions générales – Poids volumiques, poids propres, charges d'exploitation des bâtiments et NF EN 1991-1-1/NA
- [7] NF EN 1991-1-2 : EUROCODE 1 – Actions sur les structures – Partie 2 : Actions sur les ponts, dues au trafic et NF EN 1991-2/NA
- [8] NF EN 1992-1-1 : EUROCODE 2 – Calcul des structures en béton – Partie 1-1 : Règles générales et règles pour les bâtiments et NF EN 1992-1-1/NA
- [9] NF EN 1992-2 : EUROCODE 2 – Calcul des structures en béton – Partie 2 : Ponts en béton – Calcul et dispositions constructives et NF EN 1992-2/NA
- [10] CEREMA – Conception des réparations structurales et des renforcements des ouvrages d'art (2016)
- [11] CEREMA - Guide-méthodologique – Évaluation structurale et réparation des Viaducs à travées Indépendantes à Poutres Préfabriquées précontraintes par post-tension (VIPP)
- [12] 26/10/1953 – Circulaire 141 – Instructions provisoires relatives à l'emploi du béton précontraint
- [13] 27/12/1966 – Circulaire 81 – Procédé STUP – Freyssinet

II.2 - Dossier d'ouvrage

- [14] RTE – 2024 – CCTP : Travaux GC & Déroulage de câbles HTB Réalisation de 2 siphons sur la liaison existante à 63kV ARCOMIE – ST FLOUR
- [15] INFRANEO – 2025 – Rapport de diagnostic - Pont Truyère
- [16] Société des entreprises limousin - 1958 - Ensemble des plans DOE
- [17] Société des entreprises limousin - 1958 - Ensemble des notes de calculs d'origine n°1 à 5
- [18] ITC – 2022 – Pont de la Truyère – Projet de passage d'une ligne http – Note de vérification des structures

III - PRESENTATION DE L'OUVRAGE

III.1 - Description de l'ouvrage

Le pont sur la Truyère est un pont à poutres préfabriquées précontraintes par post-tension (VIPP). Cet ouvrage a été construit en 1958. Il porte la route départementale RD 909 et permet le franchissement du cours d'eau la Truyère entre la commune du Val d'Arcomie et de Anglards-de-Saint-Flour (15).

Les caractéristiques principales de l'ouvrage sont les suivantes :

- Portée : 186,74 m
- Nombre de travée : 5 travées de 37,34 m
- Largeur : 9,5 m
- Largeur roulable : 7,00 m
- Largeur trottoir : 1,25m à l'aval et 1,25 m à l'amont
- Nombre de poutres : 5

III.2 - Vue en plan et coupes de l'ouvrage

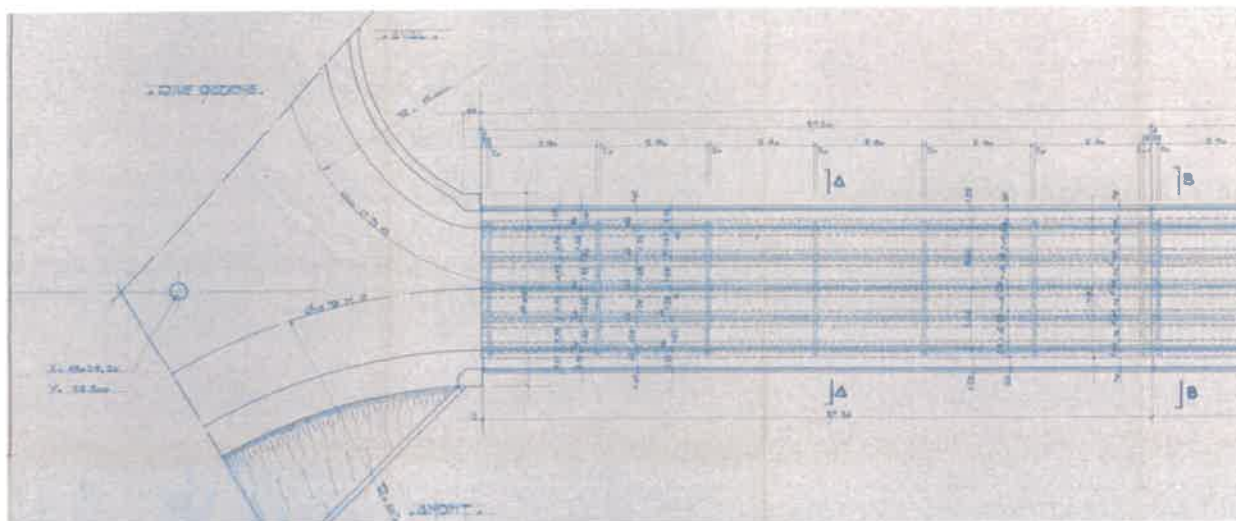


Figure 1 : Vue en plan

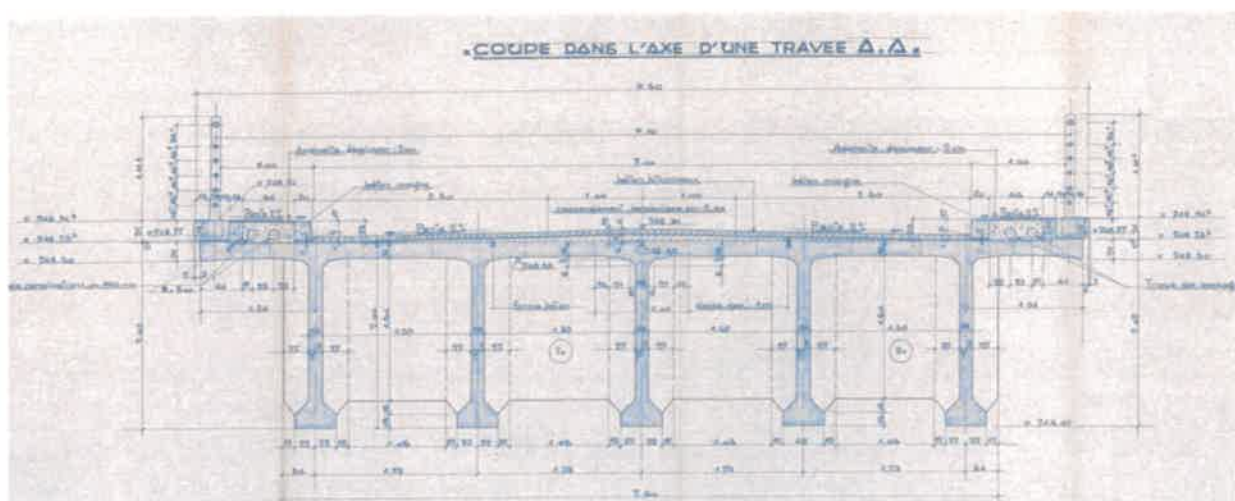


Figure 2 : Vue en coupe transversale



Figure 3 : Détail des charges de trottoirs



Figure 4 : Ferrailage et câblage du hourdis

III.3 - Système de précontrainte

Le hourdis du pont sur la Truyère est précontraint transversalement avec la présence câbles 12 $\varnothing 7$ dont le procédé utilisé n'est pas indiqué sur les plans. Ces câbles présentent un tracé droit et passent le long de l'axe neutre du hourdis.

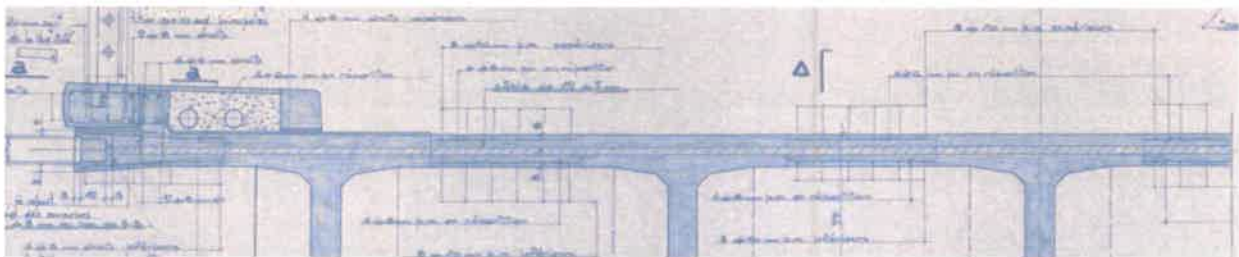


Figure 5 : Tracé d'un câble dans le hourdis

Les câbles sont espacés de 76,25 cm avec localement un espacement de 82,75 cm et 69,75 cm.

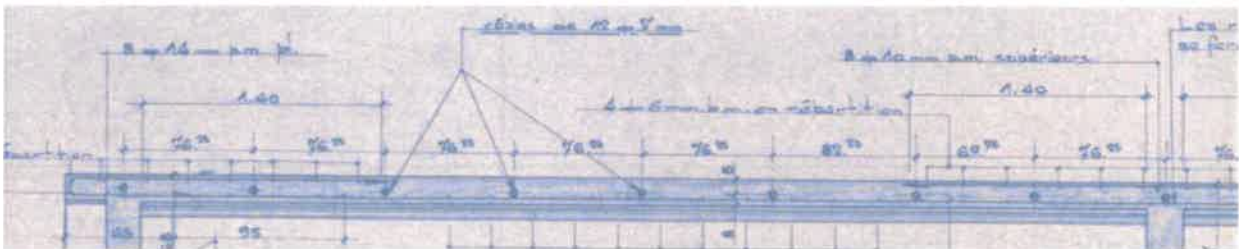


Figure 6 : Espacement des câbles

III.3.1 - Phasage de construction et Procédure de mise en tension

Les note de calculs présentent le phasage de mise en tension des poutres principale. Toutefois aucune information n'est disponible pour la mise en tension des câbles du hourdis.

III.3.2 - Tensions des armatures de précontrainte

D'après la note de calcul n°1, l'ensemble des câbles présente une tension de service de 41t, soit une contrainte de 887 MPa.

III.3.3 - Charges de dimensionnement de l'encorbellement

<u>VERIFICATION DE L'ENCORBELLEMENT</u>		Bra de	
		levier	
Poids propre	$1,17 \times 0,16 \times 2,4 = 0,449$	0,585	0,263
	$\frac{0,05 \times 0,44 \times 2,4}{2} = 0,026$	0,147	0,009
Bordure	$0,70 \times 0,22 \times 2,5 = 0,110$	0,070	0,008
Trottoir	$0,56 \times 0,25 \times 2,0 = 0,258$	0,450	0,116
Corniche et contre-corniche	$0,50 \times 0,24 \times 2,5 = 0,300$	0,980	0,214
Garde-corps	$= 0,045$	1,000	0,046
	<u>1,188</u>		<u>0,701 tm/m</u>
Surcharge	$0,400$	0,58	0,208 tm/m

Coefficient de majoration dynamique :

$$K = 1 + \frac{0,4}{1 + 0,2 \times 5,90} + \frac{0,6}{1 + 4 \times \frac{1,188}{0,4}} = 1,250$$

$$H = - (0,701 + 0,208 \times 1,25) = - 0,987 \text{ tm}$$

IV - PRESENTATION DU NOUVEAU SUPPORT DE TUYAU

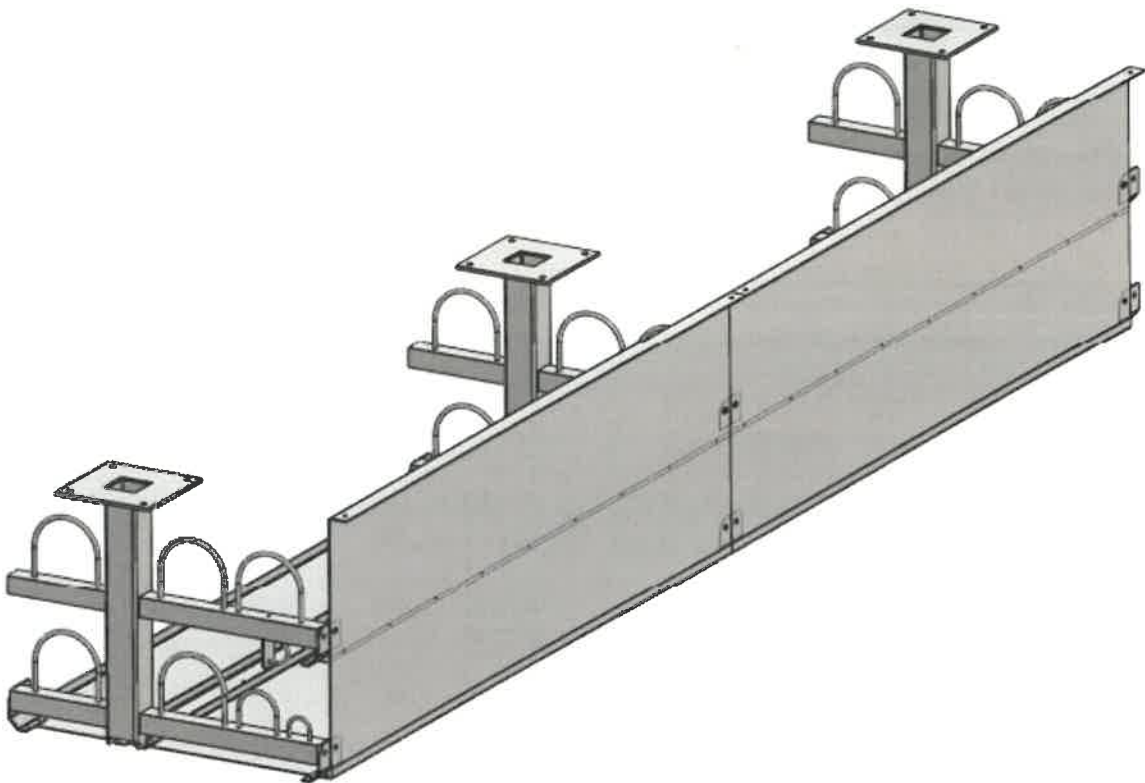


Figure 7 : Vue en perspective du support projeté

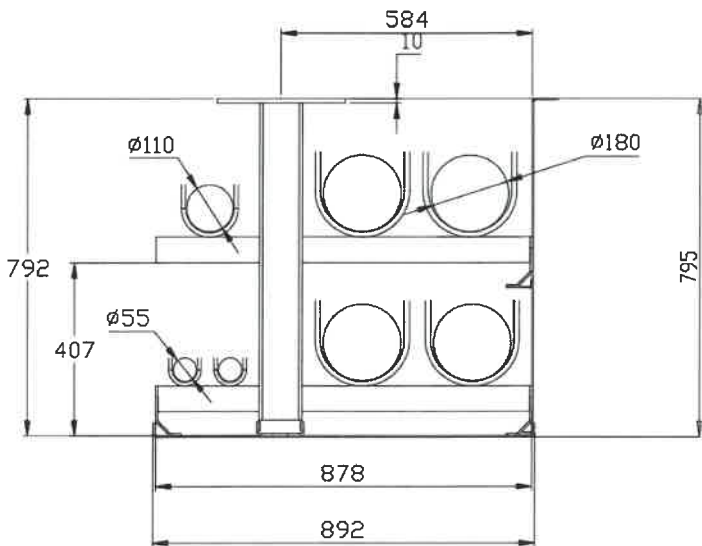


Figure 8 : Vue en coupe du support

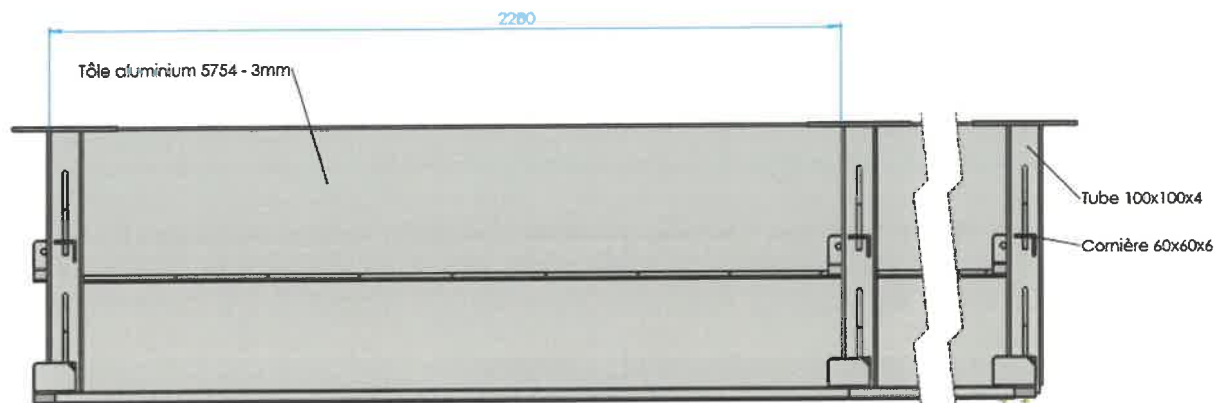


Figure 9 : Vue en élévation du support

Des informations à notre disposition, la nouvelle structure devrait ramener les charges suivantes sur l'ouvrage :

- Consoles métalliques : 35kg par unité (tous les 2,28 m)
- Masse linéique des fourreaux PEHD (dont manchons) :
 - o 4 PEHD Ø180 SRD17 HT : $4 \times 5.80 \text{ kg/ml} = 23.200 \text{ kg/ml}$
 - o 1 PEHD Ø100 SRD13.6 : $1 \times 2.65 \text{ kg/ml} = 2.65 \text{ kg/ml}$
 - o 2 PEHD Ø50 SRD 11 : $2 \times 0.670 \text{ kg/ml} = 1.34 \text{ kg/ml}$
 - o Manchon électro-soudable Ø50 : $2 \times 0.027 \text{ kg/ml} = 0.054 \text{ kg/ml}$
 - o Manchon électro-soudable Ø110 : 0.120 kg/ml
 - o Manchon électro-soudable Ø180 : $4 \times 0.290 \text{ kg/ml} = 1.160 \text{ kg/ml}$
 - o Manchon électro-soudable Ø180 : $4 \times 0.290 \text{ kg/ml} = 1.160 \text{ kg/ml}$
- Masse linéique des câbles dans les différents fourreaux PEHD :
 - o 4 PEHD Ø180 : $4 \times 7.300 \text{ kg/ml} = 29.200 \text{ kg/ml}$
 - o 1 PEHD Ø 110 : $1 \times 1.500 \text{ kg/ml} = 1.500 \text{ kg/ml}$
 - o 2 PEHD Ø 50 : $2 \times 0.170 \text{ kg/ml} = 0.340 \text{ kg/ml}$
- Masse linéique de la tôle de protection en aluminium : 16,5 kg/ml.

V - HYPOTHESES GENERALES

V.1 - Matériaux

V.1.1 - Béton

D'après une note du dossier d'ouvrage, les essais sur éprouvettes béton réalisées au coulage de l'ouvrage présentent des résistances en compression de l'ordre de 40 MPa. Par conséquent en l'absence d'autre information dans le dossier d'ouvrage nous considérons que le béton est de type C35/45 et les caractéristiques du béton sont les suivantes :

- Résistance caractéristique en compression = $f_{ck} = 35 \text{ MPa}$
- Résistance caractéristique (fractile 5%) en traction = $f_{ctk,0,05} = 2,2 \text{ MPa}$
- Module d'élasticité du béton = $E_{cm} = 34 \text{ GPa}$
- Coefficient $\gamma_b = 1,5$

Les mises en tension des câbles ont été effectuées seulement après durcissement satisfaisant des bétons des diverses parties d'ouvrages intéressés.

A cet effet, l'évolution des résistances de ces bétons était suivie par des essais en laboratoire sur éprouvettes prélevées au coulage.

En moyenne, les résultats à l'écrasement à 90 jours, sur 21 séries d'éprouvettes, ont été de 407 kg/cm² pour des bétons dosés à 400 kg de ciment C.P.A. (Usine de LEROS) par m³ en œuvre, avec aggrégats alluvionnaires de 25 m/m de dimensions maxims.

Figure 10 : Extrait de la note concernant les essais sur le béton

V.1.2 - Armatures passives existantes

D'après les plans, les aciers utilisés sont des aciers doux de type rond lisse, nous considérons que les caractéristiques des aciers sont les suivantes :

- Limite d'élasticité des aciers doux : $f_{yk} = 235 \text{ MPa}$
- Module d'élasticité des aciers : $E = 200 \text{ GPa}$
- Coefficient $\gamma_s = 1,15$

V.1.3 - Armatures de précontrainte

D'après les plans du dossier d'ouvrage, le procédé de précontrainte mis en œuvre est constitué de câbles de 12 fils de 7 mm.

V.1.3.1 - Caractéristiques des armatures de précontrainte

D'après la circulaire de 1953 [12] et de 1966 [13], les câbles de type 12 Φ 7 ont les caractéristiques suivantes (fils laminés et traités et câbles façonnés sur chantier) :

- Module d'élasticité : 190 GPa
- Section d'un câble : 462 mm²
- Coefficient de frottement du câble dans les courbes : 0,4 (recommandation de la circulaire 141 [12])

- Perte relative de tension par mètre : 0,0036 (Procédé STUP de la circulaire 81 [13])
- Relaxation à 1000h : 10% (recommandation de la circulaire 141 [12])
- Recul d'ancrage : 6 mm (Procédé STUP de la circulaire 81 [13])
- Diamètre extérieur de la gaine : 40 mm
- Limite à la rupture comprise entre 140 et 160 kg/mm² (soit 1 400 à 1600 MPa d'après les recommandations de la circulaire 141 [12])
- Contrainte moyenne de mise en tension : 1035 MPa (Selon les recommandations de la circulaire 141 [12])

V.1.3.2 - Recalcul des tensions résiduelles dans les câbles

Sur la base des hypothèses précédentes et des méthodes de calculs des pertes de tension estimées dans les câbles de précontrainte (BPEL) sous les charges permanente. Les tensions suivantes sont prises en compte par la suite :

Contraintes/tensions résiduelle dans câbles						
UNITE 1						
Après pertes :						
instantanées				différées		
Abscisse x (m)	$\Sigma_{pi}(x)$ (MPa)	Tpi (kN)	p pertes	$\Sigma_{pv}(x)$ (MPa)	Tpv (kN)	p pertes
0,00	1 035	478	0%	815	377	-21%
0,94	1 033	477	0%	815	376	-21%
1,88	1 032	477	0%	814	376	-21%
2,82	1 030	476	0%	813	376	-21%
3,76	1 029	475	-1%	813	375	-21%
4,70	1 027	474	-1%	812	375	-22%
5,64	1 026	474	-1%	811	375	-22%
6,58	1 024	473	-1%	811	374	-22%
7,52	1 023	472	-1%	810	374	-22%
8,46	1 021	472	-1%	809	374	-22%
9,40	1 020	471	-1%	808	373	-22%

Figure 11 : Recalcul des tensions dans les câbles de précontrainte du hourdis

La tension dans les câbles après pertes différées est estimée à 809 MPa. Cette valeur de tension est légèrement inférieure à la tension de service indiqué dans la note de calcul de 1958 (887 MPa).

VI - ACTIONS ET COMBINAISONS CONSIDEREES

VI.1 - Charges permanentes

VI.1.1 - Poids propre

Le poids propre est calculé sur la base de la géométrie issue des plans et documents à notre disposition. On prendra en considération un poids volumique du béton de 25 kN/m³.

On considère ici le poids propre des poutres, du hourdis et des entretoises.

VI.1.2 - Charges permanentes additionnelles d'origine

Sur la base de la géométrie déduite des plans du dossier d'ouvrage, les charges additionnelles sont les suivantes :

- | | |
|--|----------------------|
| - Revêtement de trottoir : | 24 kN/m ³ |
| - Garde-corps métallique : | 0,45 kN/ml / rive |
| - Eléments en béton armé (corniche et contre corniche) : | 25 kN/m ³ |
| - Remplissage en béton maigre : | 20 kN/m ³ |

VI.1.3 - Charges de projet

D'après les informations transmises par l'entreprise GAUTHIER, les charges suivantes sont à prendre en compte :

- | | |
|-----------------------|----------------------------------|
| - Console en acier : | 0,35 kN espacées tous les 2,28 m |
| - Tôle en aluminium : | 0,17 kN/ml |
| - Gaine + réseaux : | 0,61 kN/ml |

VI.2 - Charge thermique

Dans le cadre de la vérification de l'encorbellement du tablier les charges thermiques ne sont pas prises en compte.

VI.3 - Charge Climatique (Neige/Vent)

Les charges climatiques ne sont pas prises en compte.

VI.4 - Surcharge d'exploitation**VI.4.1 - Charge de dimensionnement d'origine**

A l'origine l'encorbellement a été dimensionné pour reprendre une charge d'exploitation de 4 kN/m² majorée par un coefficient d'amplification dynamique de 1,23. Cette charge est équivalente à une charge de foule à l'EUROCODE.

Nota : La note de calculs de l'époque n'a pas vérifié l'encorbellement en situation accidentelle dans le cas de l'application d'une roue isolée d'un essieu de véhicule.

VI.4.2 - Charges d'EUROCODE

Conformément au paragraphe 4.5.1, 5.3.2.1 et 5.3.2.2, les charges à prendre en compte dans le cas de ponts routier portant des trottoirs sont :

- Charges uniformes de piétons (gr3) : $q_k = 5 \text{ kN/m}^2$
- Charge concentrée : 10 kN répartie sur un carré de 0,1m de coté au plus proche du garde-corps.

La charge concentrée sera diffusée à 45° jusqu'à la fibre moyenne de la dalle en encorbellement.

Nota : La charge uniforme et la charge concentrée ne sont pas concomitantes

Nota : La charge accidentelle définie dans la section 4.7.3.1 de l'EUROCODE 1 partie 2 n'est étudiée. L'encorbellement n'est déjà pas justifié sous cette charge dans la situation actuelle. La charge de projet est négligeable devant cette charge accidentelle.

VI.5 - Combinaisons

Les combinaisons d’actions utilisées pour les vérifications de résistance sont définies par :

- ELS quasi-permanent $\sum G_{k,j} + P + \sum \psi_{2,i} Q_{k,i}$
- ELS fréquent $\sum G_{k,j} + P + \psi_1 Q_{k,1} + \sum \psi_{2,i} Q_{k,i}$
- ELS caractéristique $\sum G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum \psi_{0,i} Q_{k,i}$
- ELU fondamental $\sum \gamma_{g,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{q,1} Q_{k,1} + \sum \gamma_{q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$

Les coefficients partiels pris en compte pour les actions sont :

Action de base	Notation	$\gamma_g / \gamma_P / \gamma_q$	
		Fav	Défav
Poids propre	G	1	1,35
Précontrainte	P	1	1,2
Charges de trottoir (gr3)	Q_{gr3}	0	1,35
Charge concentrée	Q_{fwk}	0	1,35

Pour la combinaison des différentes actions nous considérons les coefficients d’accompagnement ψ suivant :

Action variable de base	Notation	Valeur de combinaison ψ_0	Valeur fréquente ψ_1	Valeur quasi permanente ψ_2
Charges de trottoir (gr3)	Q_T	0	0,4	0
Charge concentrée	Q_{fwk}	0	0	0

VII - VERIFICATION DE L'ENCORBELLEMENT

VII.1 - Calcul des charges / sollicitations

Le projet prévoit la mise en place d'un support métallique sous l'encorbellement en béton. La position de la platine de fixation du nouveau support de réseau se situe à 53 cm du nu de la poutre. La prise en compte d'une diffusion des efforts à 45° dans l'encorbellement implique que la section résistante à l'encastrement nécessaire à la reprise de la nouvelle structure serait de 106 cm x 16 cm^{Ht}.

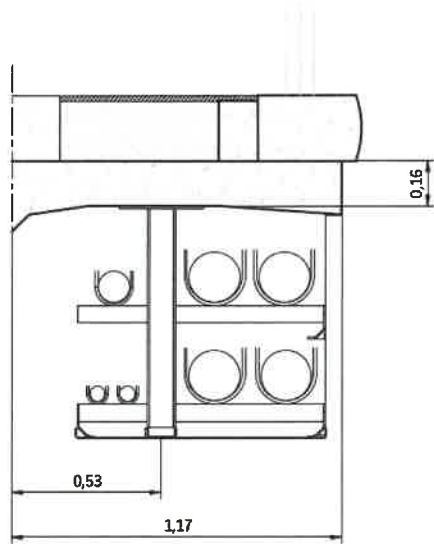


Figure 12 : Implantation schématique du nouveau support sous l'encorbellement du pont

Au vu de l'entraxe des câbles de précontrainte, les calculs tiennent compte d'une largeur de béton de $76,25/2 + 82,75/2 = 79,5$ cm (longueur d'encorbellement).

VII.1.1 - Charges permanentes actuelles

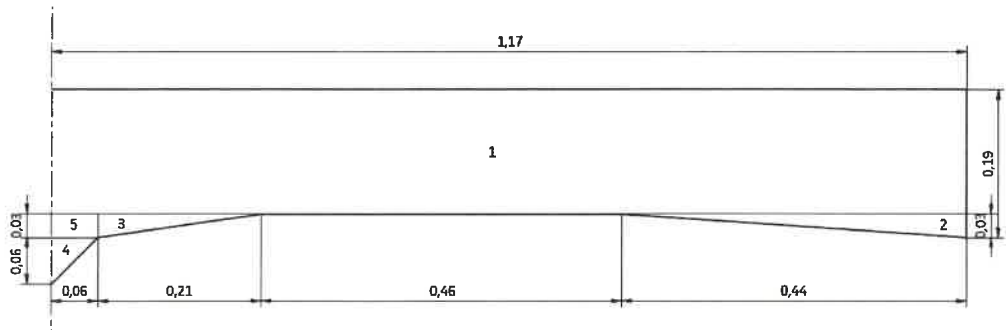


Figure 13 : Numérotation des sections de béton

ID - Section	I	H	L	Section	Charge	Bras de levier	Moment à l'encastrement
Section béton rectangulaire							
Encorbellement 1	0,795 m	0,16 m	1,17 m	0,187 m ²	3,57 kN	0,585 m	2,09 kN.m
Encorbellement 5	0,795 m	0,03 m	0,06 m	0,002 m ²	0,03 kN	0,030 m	0,00 kN.m
Section béton triangulaire							
Encorbellement 2	0,795 m	0,03 m	0,44 m	0,007 m ²	0,13 kN	1,023 m	0,13 kN.m
Encorbellement 3	0,795 m	0,03 m	0,21 m	0,003 m ²	0,06 kN	0,130 m	0,01 kN.m

ID - Section	I	H	L	Section	Charge	Bras de levier	Moment à l'encastrement
Encorbellement 4	0,795 m	0,06 m	0,06 m	0,002 m ²	0,03 kN	0,020 m	0,00 kN.m
Superstructure							
Corniche	0,795 m	0,24 m	0,37 m	0,087 m ²	1,66 kN	1,055 m	1,75 kN.m
Contre corniche	0,795 m	0,22 m	0,14 m	0,030 m ²	0,57 kN	0,800 m	0,46 kN.m
Remplissage de trottoir	0,795 m	0,21 m	0,56 m	0,118 m ²	1,87 kN	0,450 m	0,84 kN.m
Asphalte	0,795 m	0,02 m	0,70 m	0,014 m ²	0,27 kN	0,520 m	0,14 kN.m
Bordure	0,795 m	0,23 m	0,17 m	0,039 m ²	0,75 kN	0,085 m	0,06 kN.m
GC	0,795 m	-	-	-	0,36 kN	1,020 m	0,36 kN.m

Soit une charge totale de **9,30 kN** pour un moment sur appui de **5,85 kN.m**.

VII.1.2 - Charges projetées

ID - Section	I	Charge	Bras de levier	Moment à l'encastrement
Nouveau support de réseaux				
Console en acier	-	0,35 kN	0,526 m	0,18 kN.m
Tôle en aluminium	2,28 m	0,38 kN	0,526 m	0,20 kN.m
Gaine + réseaux	2,28 m	1,38 kN	0,526 m	0,73 kN.m

Soit une charge totale de **2,11 kN** pour un moment sur appui de **1,11 kN.m**.

VII.1.3 - Surcharge d'exploitation d'origine

ID - Section	I	H	L	Surface	Charge	Bras de levier	Moment à l'encastrement
Charge d'exploitation d'origine	0,80 m	-	1,02 m	0,811 m ²	3,99 kN	0,510 m	2,03 kN.m

VII.1.4 - Surcharge d'exploitation EUROCODE

ID - Section	I	H	L	Surface	Charge	Bras de levier	Moment à l'encastrement
Charge uniforme (gr 3)	0,795 m	-	1,02 m	0,811 m ²	4,05 kN	0,510 m	2,07 kN.m
Charge concentrée de 10kN	0,720 m	-	0,61 m	0,439 m ²	10,00 kN	0,865 m	8,65 kN.m

VII.2 - Vérification de l'encorbellement à l'ELS / ELU

VII.2.1 - Enveloppe des combinaisons d'actions EUROCODE

	ELS QP	ELS FQ	ELS CARA	ELU
Effort tranchant	11,41 kN	13,03 kN	21,41 kN	28,91 kN
Moment fléchissant	6,96 kN.m	7,78 kN.m	15,61 kN.m	21,07 kN.m

VII.2.2 - Vérification en flexion simple

1 béton	2 armatures actives
Encorbellement	12 phi 7
contour	barres
fck = 35 MPa	f _{pk} = 1 500 MPa
γ _c = 1,50	γ _p = 1,15
φ = 2,00	f _{p0,1k} = 1 150 MPa
	loi acier : loi écrouissante
	E _p = 190 000 MPa
	σ _{p,inst} = 1 035 MPa
σ _{max} = 21 MPa	σ _{p,diff} = 809 MPa
	part des pertes due au retrait & fluage = 50%
	η = 1,83
	σ _{max} = 1 035 MPa

Figure 14 : Hypothèse sur les matériaux

1 Encorbellement		2 12 phi 7		
contour		barres		
Y [m]	Z [m]	Y [m]	Z [m]	S [cm²]
0,00	0,00	0,00	0,08	4,62
0,40	0,00			
0,40	0,16			
-0,40	0,16			
-0,40	0,00			
0,00	0,00			

Figure 15 : Géométrie prise en compte

Séquences de calcul		Phases			Torseur [kN & kN.m]					Etat limite	Type calcul	Effets différés ?	Phase précédente
#	Nom	#	Nom	Type	N	My	Mz	Vy	Vz				
1	Vérification de l'encorbellement en situation projetée	1-1	Mise en tension de la précontrainte	intermédiaire		2,2				ELS	équilibre	non	so
		1-2	Application des pertes différées	intermédiaire		5,8				ELS	équilibre	oui	1-1
		1-3	ELS QP	finale		7,0				ELS	équilibre	non	1-2
		1-4	ELS FQ	finale		7,8				ELS	équilibre	non	1-2
		1-5	ELS CARA	finale		15,6				ELS	équilibre	non	1-2
		1-6	ELU	finale		21,1				ELU	MyRd	non	1-2

Figure 16 : Définition du phasage de calculs / Sollicitations

Séquences de calcul		Phases		Calcul	Etat limite	Torseur [kN & kN.m]	Calcul d'équilibre ELS/ELU						Contraintes admissibles [MPa]		τ	Statut	MyEd [kN.m]	MyEd [kN.m]	v	Statut
#	Nom	#	Nom				Matériau		Contraintes [MPa]		admissibles [MPa]									
							My	ID	Nom	Type	σmin	σmax	σmin	σmax						
1	Vérification de l'encorbellement en situation projetée	1-1	Mise en tension de la précontrainte	équilibre	ELS	2,2	1	Encorbellement	béton	3,1	4,4		21,0	21%	OK					
								2	12 phi 7	armatures actives	-1 035,0	-1 035,0	-1 035,0		100%	OK				
		1-2	Application des pertes différées (avec effets différés)	équilibre	ELS	5,8	1	Encorbellement	béton	1,2	4,7		21,0	21%	OK					
								2	12 phi 7	armatures actives	-809,0	-809,0	-1 035,0		78%	OK				
		1-3	ELS QP	équilibre	ELS	7,0	1	Encorbellement	béton	0,9	5,0		21,0	24%	OK					
								2	12 phi 7	armatures actives	-809,0	-809,0	-1 035,0		78%	OK				
		1-4	ELS FQ	équilibre	ELS	7,8	1	Encorbellement	béton	0,6	5,3		21,0	25%	OK					
								2	12 phi 7	armatures actives	-809,0	-809,0	-1 035,0		78%	OK				
		1-5	ELS CARA	équilibre	ELS	15,6	1	Encorbellement	béton	0,0	8,2		21,0	39%	OK					
								2	12 phi 7	armatures actives	-813,6	-813,6	-1 035,0		78%	OK				
		1-6	ELU	MyEd	ELU	21,1											31,6	21,1	47%	OK

Figure 17 : Résultats à l'ELS et l'ELU

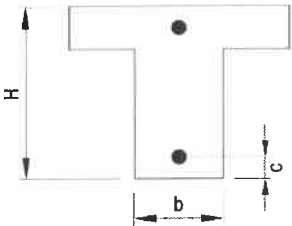
En flexion simple, l'encorbellement est justifié sous les charges réglementaires EUROCODE et les charges projetées.

VII.2.3 - Effort tranchant

Béton :
 $f_{c28} = 35 \text{ MPa}$
Type structure : **existante**
 $f_{ck} = 39 \text{ MPa}$
 $f_{td} = 26 \text{ MPa}$
 $\theta = 45,0^\circ$ **OK**
Type de section : **Rectangulaire ou T**
Type d'élément : **dalle avec redistribution transversale**

Armatures passives :
 $f_{yk} = 235 \text{ MPa}$
 $f_{yk} = 204 \text{ MPa}$

Coefficients de sécurité :
Situation **durable ou transitoire**
 $\gamma_c = 1,5$
 $\gamma_s = 1,2$
 $\alpha_{cc} = 1$



Vérification des sections existantes :

Géométrie béton [mm]				Armatures transversales							Résultats (s : mm ; Aa/s : cm²/m ; V : kN)							
ID	H	b _{net}	c	N _{Ed} [kN]	A _c [m²]	A _{s1} [cm²]	N	Diam [mm]	s [mm]	α [°]	A _s /s [cm²/m]	V _{Ed} [kN]	s _{max}	(A _s /s) _{min}	V _{Rd,c}	V _{Rd,max}	V _{Rd,s}	V _{Rd}
Encorbellement	160	755	30							90	0,00	28,9			138,0	575,4	0,0	138,0

Figure 18 : Vérification à l'effort tranchant du hourdis

Le hourdis est justifié à l'effort tranchant à l'ELU sous les charges réglementaires EUROCODE et les charges projetées.

VIII - CONCLUSION

Sous nos hypothèses de charges et de matériaux, l'encorbellement est justifié à l'ELS et l'ELU pour reprendre les nouvelles charges induites par la nouvelle structure métallique mise en place sous l'encorbellement du pont sur la Truyère.

Rapport établi le 27/10/2025
Le chargé d'affaires
DESNOS Vincent

Procédure : ENCORBELLEMENT GARABIT

MOYENS HUMAINS

PERSONNELS SAS GAUTHIER	HABILITATION
Equipe composée de 4 compagnons (dont 1 chef de chantier et 1 chef d'équipe)	CACES SECOURISTE

MOYENS MATERIELS

MATERIELS	CERTIFICAT DE CONTRÔLE	
	OUI	NON
Nacelle négative	X	
Nettoyeur à haute pression	X	
Perforateurs électriques	X	
Machine à souder	X	
Carotteuse HILTI DD500	X	
Groupe électrogène 35 KVa	X	
Aiguille vibrante		X

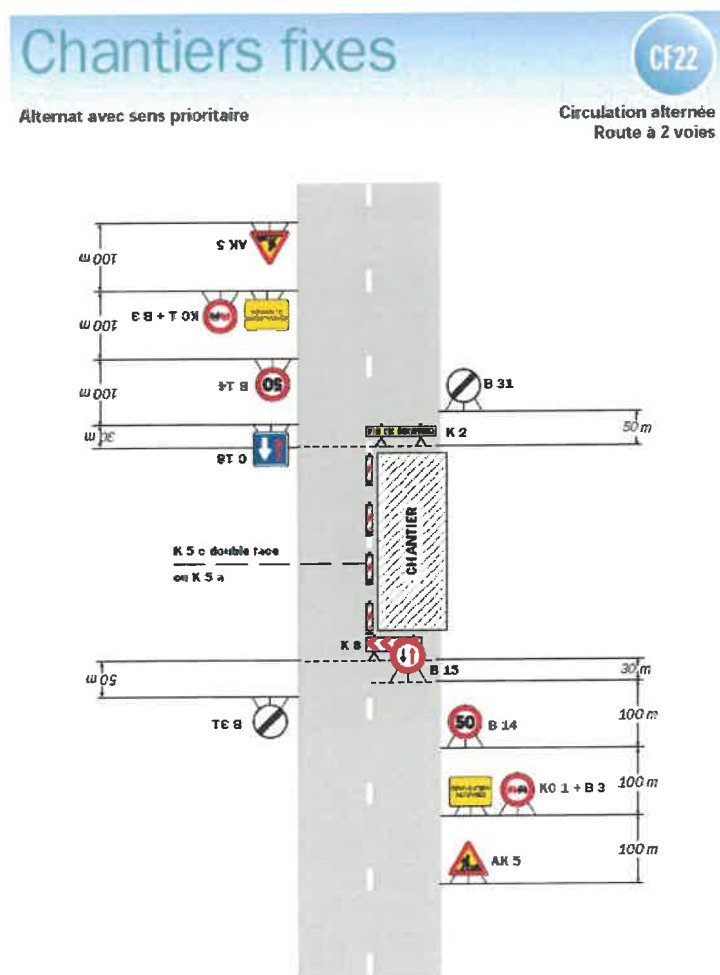
FOURNITURES

FOURNITURES	DEMANDE D'AGREMENT	
	OUI	NON
Console en acier galvanisé	X	
Tige filetée M10 + écrous (inox)	X	
HY 200 A (scellement chimique)	X	
PEHD ø180mm / ø110mm / ø50mm	X	
Manchons électro soudables ø180mm / ø110mm / ø50mm	X	
Nappe de treillis soudé	X	
Bois de coffrage	X	
Béton C30/37 XF4	X	
Tôle de protection en aluminium marin + peinture ACQPA	X	

MODE OPERATOIRE

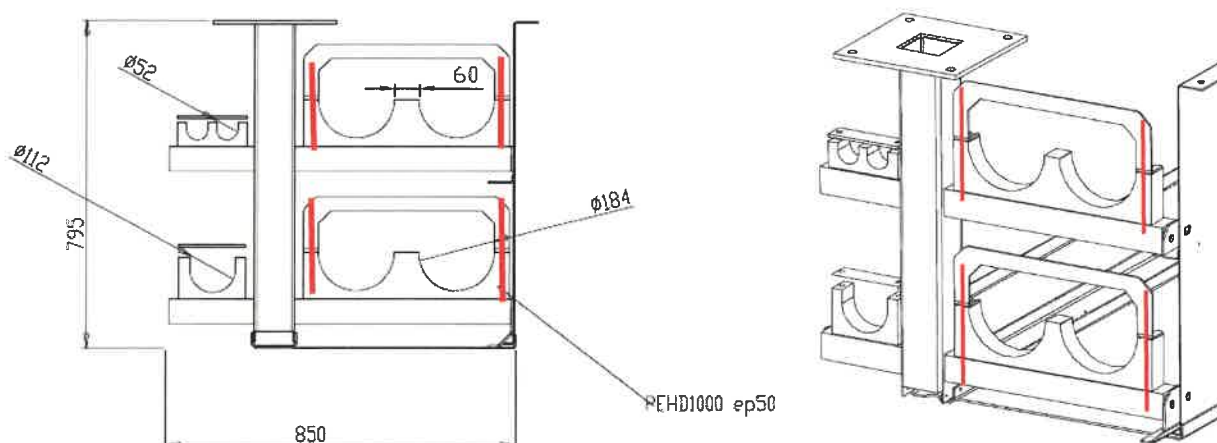
Moyen d'accès

Les travaux en sous face du tablier (encorbellement) seront réalisés depuis une nacelle négative. Un alternat de circulation sera mis en place sur le pont la semaine et replié les week-ends.



Implantation des consoles et manchons :

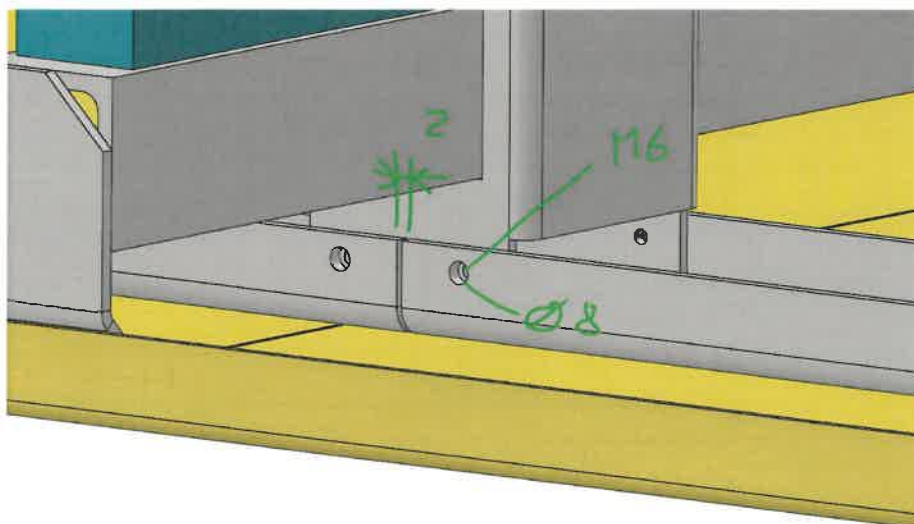
Les consoles mises en place seront les suivantes :



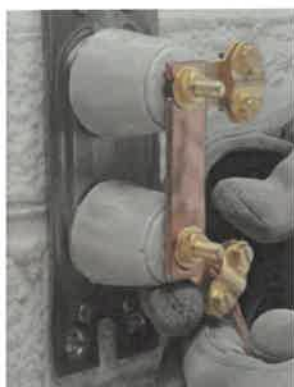
Les plans archives montrent la présence de câbles de précontrainte transversaux dans le tablier avec un espacement régulier de 76mm. L'implantation des consoles a été réalisée de façon à centrer les ancrages de ces dernières entre les câbles (voir plan d'implantation).

Les consoles auront un maintien vertical ponctuellement, ces brides seront fixées par des tiges filetées boulonnées.

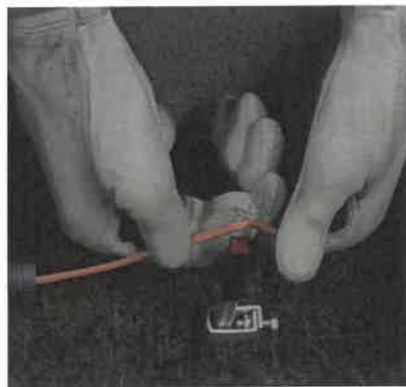
Des cornières liaisonnant les consoles seront mises en place afin de rigidifier l'ensemble. Ces dernières seront indépendantes et auront une longueur de 2.28m. Elles seront fixées sur les montants des consoles avec un système de trou oblong. Un jeu de 2mm entre cornières sera laissé afin d'assurer la dilatation de ces dernières.



Un câble de terre sera mis en place sur les tôles aux extrémités (réalisation de réservation pour fixer la mèche par chevilles adaptés à l'aluminium). Un piquet métallique ancré dans les culées servira de mise à la terre. Le fil de cuivre sera protégé dans une gaine en pvc.



Fixation sur tôle



Mise à la terre dans culée

L'implantation des manchons des tubes PEHD a été réalisé en laissant une marge de 30cm de chaque côté des consoles de façon à ne pas créer de butons pendant les phases de dilatation (voir plan d'implantation).

De ce fait, les tubes PEHD auront 3 longueurs possibles :

- 5.00m
- 5.50m
- 6.00m

Préparation des tubes PEHD

Les tubes PEHD seront coupés et fraisés aux extrémités avant d'être mis en place en sous face.

Mise en place des consoles

Les consoles seront fixées en sous face du tablier par des tiges filetées inox $\varnothing 10\text{mm}$ scellées sur 10cm.

- Implantation des ancrages
- Perforation des trous
- Scellement des ancrages (dimensionnement en annexe)
- Mise en place de la console
- Boulonnage des tiges filetées (mise en place d'un système pour assemblage (rondelles) acier galvanisé – inox).

Pose et soudure des tubes

Des demi-coquilles en PEHD1000 épaisseur 5cm seront mis en place sur les consoles afin d'éviter le poinçonnement en un point des tubes.

Les tubes seront mis en place puis soudés en sous face du pont depuis une nacelle négative.

Un espacement de 30cm sera laissé libre entre les consoles et les manchons afin de permettre la dilatation des tubes PEHD sans créer de butons contre les supports. Les tubes seront fixés ponctuellement (1 fois) entre chaque manchons de dilatation par des colliers de serrage liés aux consoles.

Calcul de la dilatation :

La dilatation linéaire se calcule par la formule :

$$\Delta L = \alpha \times L \times \Delta T$$

où

- ΔL = allongement (m),
- α = coefficient de dilatation linéaire du matériau ($1/^{\circ}\text{C}$),
- L = longueur initiale du tube (m),
- ΔT = variation de température ($^{\circ}\text{C}$) = $T_{\text{max}} - T_{\text{min}}$

Pour un tube PEHD de 6m :

$$\alpha = 1,6 \times 10^{-4}$$

$$L = 6\text{m}$$

$$\Delta T = 50 - (-20) = 70^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta L = 1.6 \times 10^{-4} \times 6 \times 70 = 0.0672 \text{ m} = 6.72 \text{ cm}$$

Ensemble de l'ouvrage :

$$\alpha = 1,6 \times 10^{-4}$$

$$L = 200\text{m}$$

$$\Delta T = 50 - (-20) = 70^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta L = 1.6 \times 10^{-4} \times 200 \times 70 = 0.0672 \text{ m} = 2.24 \text{ m}$$

Mise en place de la tôle de protection

La tôle de protection sera en aluminium marin avec peinture ACQPA (RAL à définir).

Elle sera fixée en sous face de l'encorbellement par des chevilles en inox.

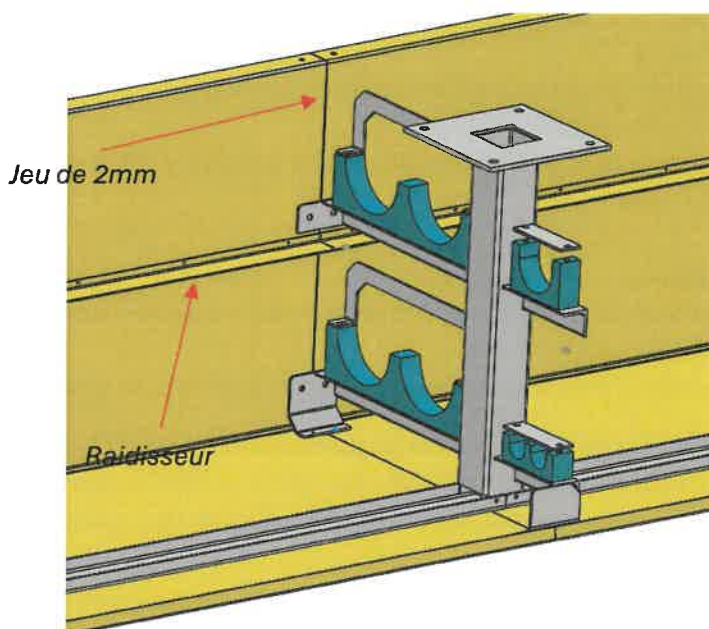
La tôle aura un retour en sous face jusqu'à la poutre de la console afin de laisser une circulation d'air et ainsi éviter de créer un caisson.

Un raidisseur sera intégré à la tôle à mi-hauteur sur toute la longueur afin d'éviter les déformations dû au vent.

Les tôles seront assemblées par des fixations avec des trous oblongs.

- Mis en place de boulons avec rondelles pour assemblage aluminium – acier galvanisé

Un jeu de 2mm sera laissé entre les tôles.



Plan de principe montrant le raidisseur

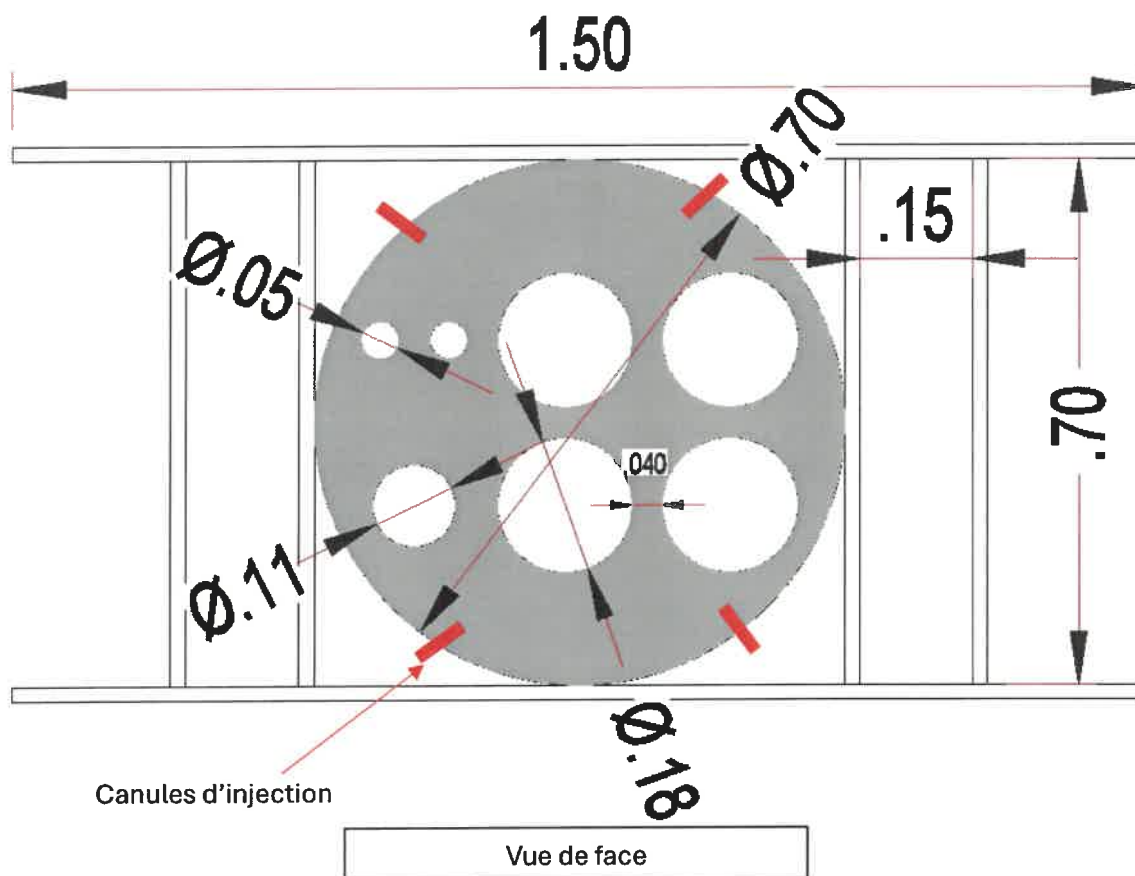
Passage dans la culée

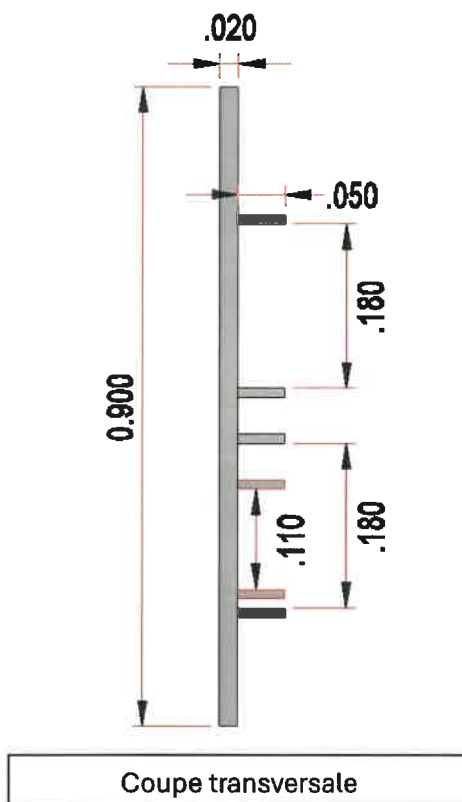
Un carottage unique de diamètre 600mm sera réalisé dans les culées afin de permettre le passage des tubes.

Un renforcement en carbone sera réalisé sur la face avant des culées :

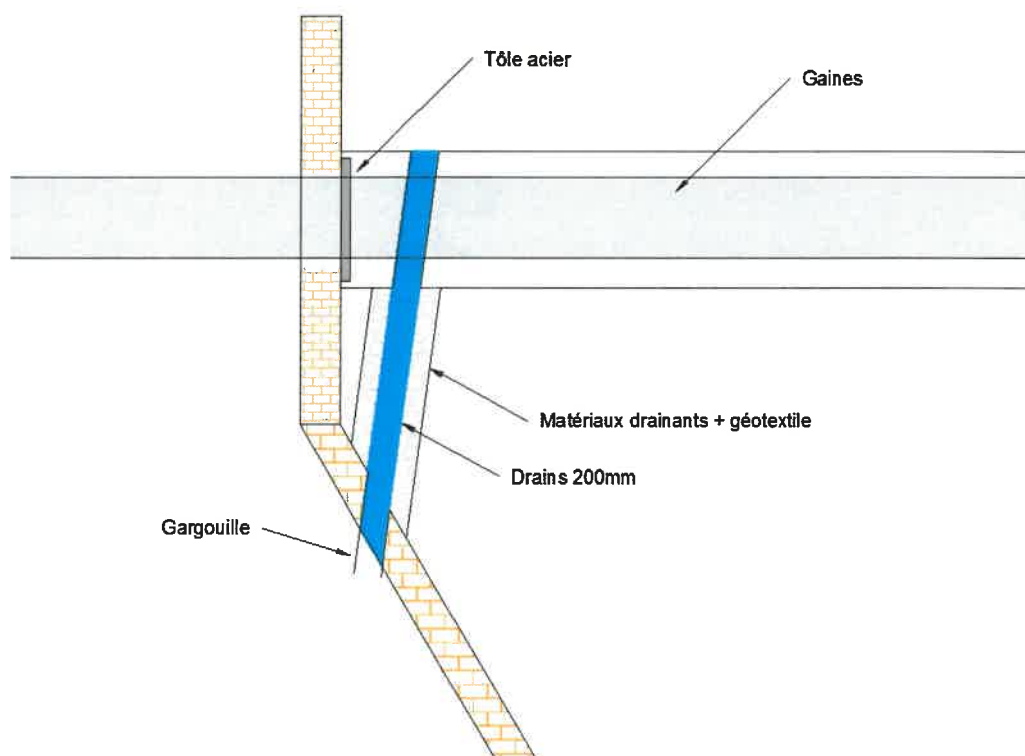
- Réalisation d'une saignée de 1.5cm de largeur
- Mise en place du plat carbone
- Remplissage de la saignée à la résine
- Mise en place de canules d'injections autour du carottage
- Injection de résine aqua-réactive.

Le fond de fouille à l'arrière des culées devra être d'au moins 1m.

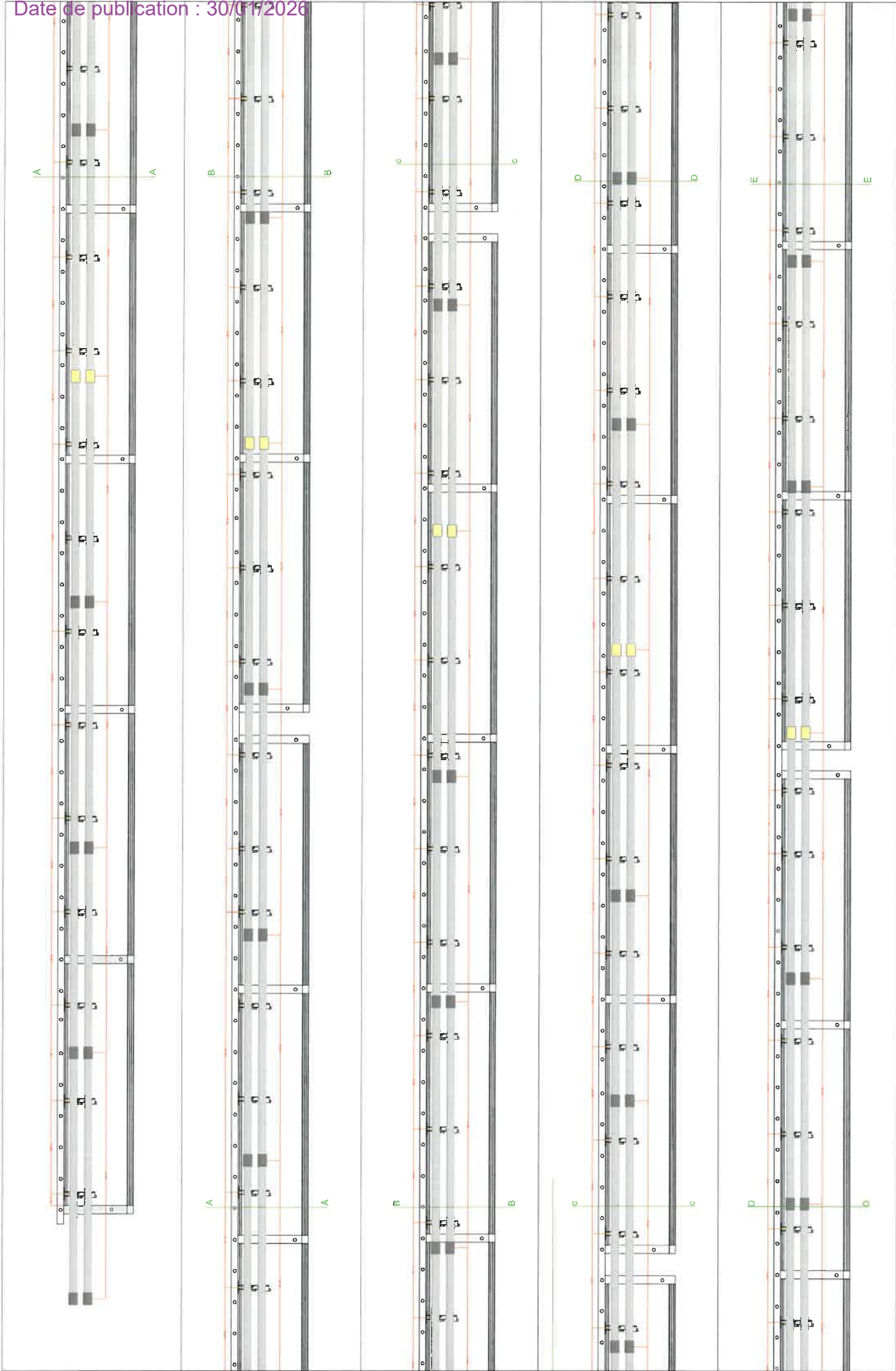




Une tranchée drainante (pente 5%) sera réalisée dans les culées afin d'évacuer les eaux des tranchées.



**ANNEXE 1 :
PLAN IMPLANTATION**



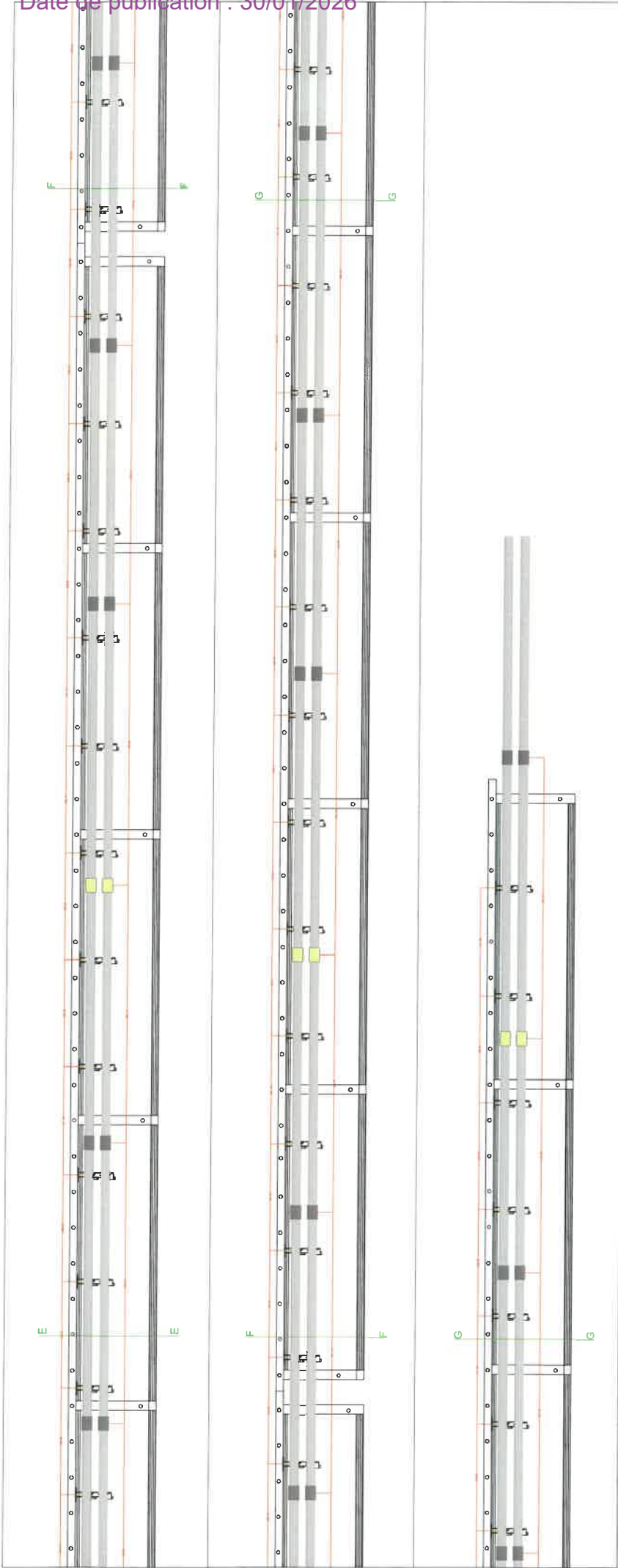
 : Manchon de dilution

 : Manchon électroscopé

 : PEHD Ø10mm

 : Câble de précontrainte

 : Console



Manchon de dilution

Manchon électroducté

PEHD Ø10mm

Câble de précontrainte

Cable

Plan d'implantation des consoles et manchettes PEHD

IN	EXE	PLA	DATE DE MISE À JOUR	VERSION	COU

**ANNEXE 2 :
DIMENSIONNEMENT CHEVILLES CONSOLES**



sixense

GAUTHIER

Pont sur la Truyère

Note d'hypothèse et de calculs

Référence	A25 14121 BEI/1
Indice	B
Date	27/10/2025



sixense
Engineering

GAUTHIER

Pont sur la Truyère

Note d'hypothèse et de calculs

Rédigé par	V. DESNOS Chargé d'étude
Contrôlé par	Y. LE GOFF Chef de projet
Destinataire	M. Romain SANSON Chargé d'études techniques

Désignation du document

Référence	Nature	Nb pages	Nb annexe
A25 14121 BEI/1	NDHC	18	0

Suivi des indices

B	23/10/2025	V. DESNOS	Y. LE GOFF	Mise à jour de la géométrie de la console
A	23/10/2025	V. DESNOS	Y. LE GOFF	1 ère diffusion
Indice	Date	Rédaction	Vérification	Motif évolution

SIXENSE ENGINEERING - Agence Rhône Alpes

9, boulevard des Droits de l'Homme
69120 VAULX EN VELIN
Tel : 04 72 37 03 39
www.sixense-group.com

SOMMAIRE

I - OBJET DE LA MISSION	4
II - DOCUMENTS DE REFERENCE	4
II.1 - NORMES ET REGLEMENTS	4
II.2 - DOSSIER D'OUVRAGE	4
III - PRESENTATION DE L'OUVRAGE	5
III.1 - DESCRIPTION DE L'OUVRAGE	5
III.2 - VUE EN PLAN ET COUPES DE L'OUVRAGE	5
III.3 - SYSTEME DE PRECONTRAINTES	6
III.3.1 - Phasage de construction et Procédure de mise en tension	7
III.3.2 - Tensions des armatures de précontrainte	7
III.3.3 - Charges de dimensionnement de l'encorbellement	7
IV - PRESENTATION DU NOUVEAU SUPPORT DE TUYAU	8
V - HYPOTHESES GENERALES	10
V.1 - MATERIAUX	10
V.1.1 - Béton	10
V.1.2 - Armatures passives existantes	10
V.1.3 - Armatures de précontrainte	10
VI - ACTIONS ET COMBINAISONS CONSIDEREES	11
VI.1 - CHARGES PERMANENTES	11
VI.1.1 - Poids propre	11
VI.1.2 - Charges permanentes additionnelles d'origine	12
VI.1.3 - Charges de projet	12
VI.2 - CHARGE THERMIQUE	12
VI.3 - CHARGE CLIMATIQUE (NEIGE/VENT)	12
VI.4 - SURCHARGE D'EXPLOITATION	12
VI.4.1 - Charge de dimensionnement d'origine	12
VI.4.2 - Charges d'EUROCODE	12
VI.5 - COMBINAISONS	13
VII - VERIFICATION DE L'ENCORBELLEMENT	14
VII.1 - CALCUL DES CHARGES / SOLLICITATIONS	14
VII.1.1 - Charges permanentes actuelles	14
VII.1.2 - Charges projetées	15
VII.1.3 - Surcharge d'exploitation d'origine	15
VII.1.4 - Surcharge d'exploitation EUROCODE	15
VII.2 - VERIFICATION DE L'ENCORBELLEMENT A L'ELS / ELU	16
VII.2.1 - Enveloppe des combinaisons d'actions EUROCODE	16
VII.2.2 - Vérification en flexion simple	16
VII.2.3 - Effort tranchant	17
VIII - CONCLUSION	18

I - OBJET DE LA MISSION

Dans le cadre de la mise en place d'une conduite sur le pont routier de la RD 909 sur la Truyère de type VIPP, l'entreprise GAUTHIER souhaite vérifier la tenue structurelle de l'encorbellement sous ses nouvelles charges.

Pour cela l'entreprise GAUTHIER a missionné Sixense Engineering pour la réalisation de cette étude. **Le présent document concerne la justification de l'encorbellement du pont sur la Truyère.**

II - DOCUMENTS DE REFERENCE

II.1 - Normes et règlements

- [1] Règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton armé suivant la méthode des états limites : BAEL 91 révisé 99
- [2] Règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton précontraint suivant la méthode des états limites : BPEL 91 révisé 99
- [3] NF P 06-004 – charges permanentes et charges d'exploitation dues aux forces de pesanteur
- [4] NF EN 1990 : Eurocode structuraux – Base de calcul des structures et NF EN 1990/NA
- [5] NF EN 1990/A1 : Annexe A2 – Application aux ponts et NF EN 1990/A1/NA
- [6] NF EN 1991-1-1 : EUROCODE 1 – Actions sur les structures – Partie 1-1 : Actions générales – Poids volumiques, poids propres, charges d'exploitation des bâtiments et NF EN 1991-1-1/NA
- [7] NF EN 1991-1-2 : EUROCODE 1 – Actions sur les structures – Partie 2 : Actions sur les ponts, dues au trafic et NF EN 1991-2/NA
- [8] NF EN 1992-1-1 : EUROCODE 2 – Calcul des structures en béton – Partie 1-1 : Règles générales et règles pour les bâtiments et NF EN 1992-1-1/NA
- [9] NF EN 1992-2 : EUROCODE 2 – Calcul des structures en béton – Partie 2 : Ponts en béton – Calcul et dispositions constructives et NF EN 1992-2/NA
- [10] CEREMA – Conception des réparations structurales et des renforcements des ouvrages d'art (2016)
- [11] CEREMA - Guide-méthodologique – Évaluation structurale et réparation des Viaducs à travées Indépendantes à Poutres Préfabriquées précontraintes par post-tension (VIPP)
- [12] 26/10/1953 – Circulaire 141 – Instructions provisoires relatives à l'emploi du béton précontraint
- [13] 27/12/1966 – Circulaire 81 – Procédé STUP – Freyssinet

II.2 - Dossier d'ouvrage

- [14] RTE – 2024 – CCTP : Travaux GC & Déroulage de câbles HTB Réalisation de 2 siphons sur la liaison existante à 63kV ARCOMIE – ST FLOUR
- [15] INFRANEO – 2025 – Rapport de diagnostic - Pont Truyère
- [16] Société des entreprises limousin - 1958 - Ensemble des plans DOE
- [17] Société des entreprises limousin - 1958 - Ensemble des notes de calculs d'origine n°1 à 5
- [18] ITC – 2022 – Pont de la Truyère – Projet de passage d'une ligne http – Note de vérification des structures

III - PRESENTATION DE L'OUVRAGE

III.1 - Description de l'ouvrage

Le pont sur la Truyère est un pont à poutres préfabriquées précontraintes par post-tension (VIPP). Cet ouvrage a été construit en 1958. Il porte la route départementale RD 909 et permet le franchissement du cours d'eau la Truyère entre la commune du Val d'Arcomie et de Anglards-de-Saint-Flour (15).

Les caractéristiques principales de l'ouvrage sont les suivantes :

- Portée : 186,74 m
- Nombre de travée : 5 travées de 37,34 m
- Largeur : 9,5 m
- Largeur roulable : 7,00 m
- Largeur trottoir : 1,25m à l'aval et 1,25 m à l'amont
- Nombre de poutres : 5

III.2 - Vue en plan et coupes de l'ouvrage

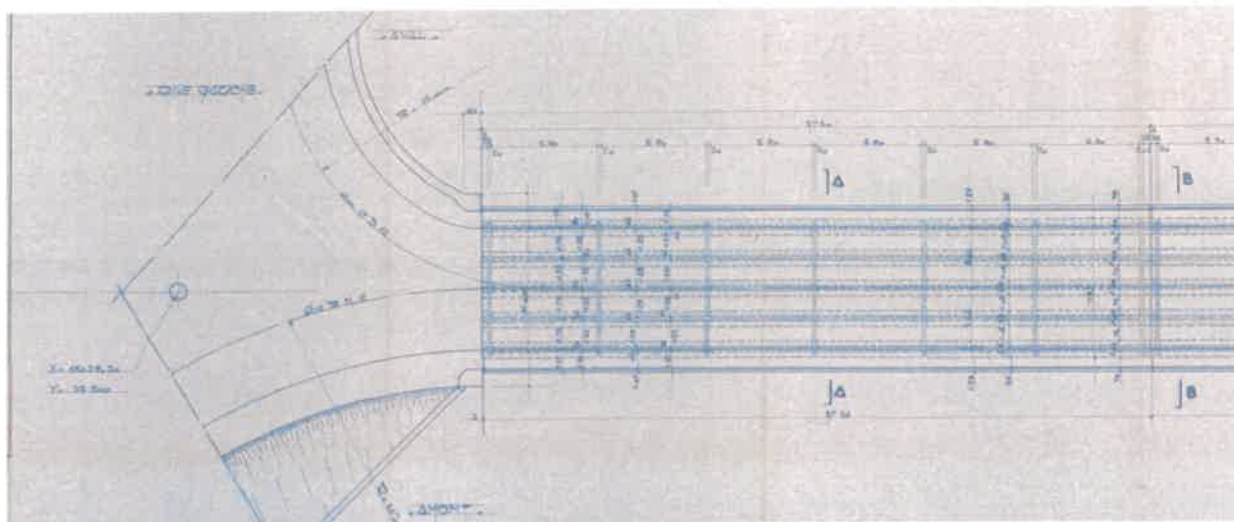


Figure 1 : Vue en plan

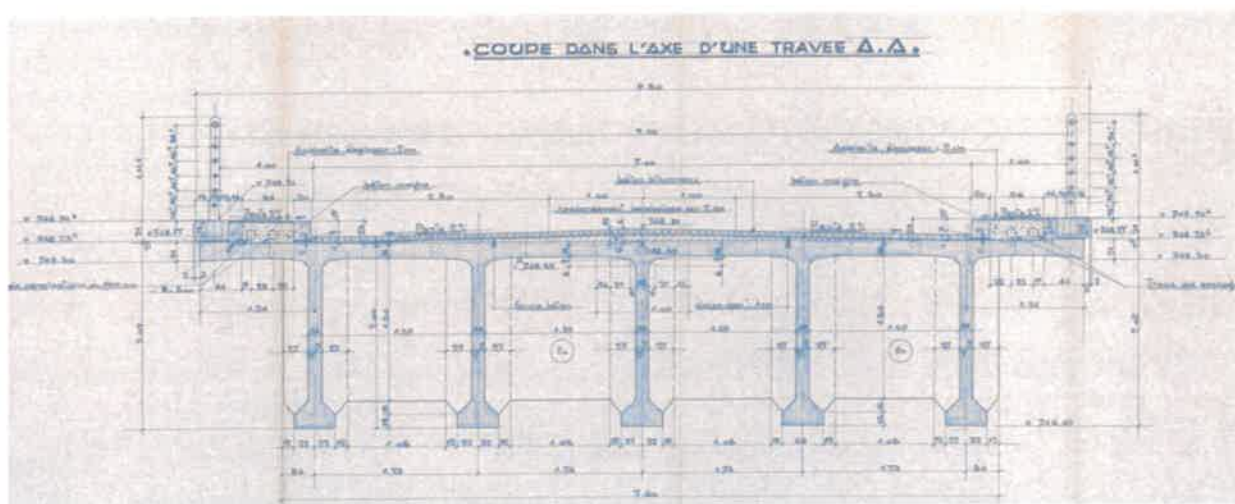


Figure 2 : Vue en coupe transversale



Figure 3 : Détail des charges de trottoirs



Figure 4 : Ferrailage et câblage du hourdis

III.3 – Système de précontrainte

Le hourdis du pont sur la Truyère est précontraint transversalement avec la présence câbles 12 Ø 7 dont le procédé utilisé n'est pas indiqué sur les plans. Ces câbles présentent un tracé droit et passent le long de l'axe neutre du hourdis.

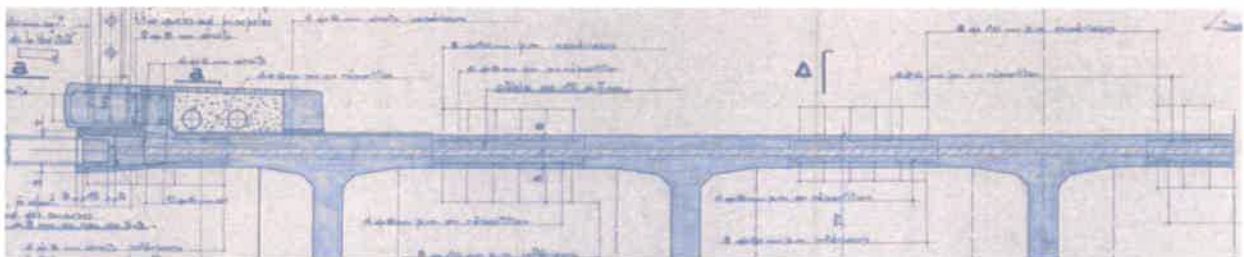


Figure 5 : Tracé d'un câble dans le hourdis

Les câbles sont espacés de 76,25 cm avec localement un espacement de 82,75 cm et 69,75 cm.



Figure 6 : Espacement des câbles

III.3.1 - Phasage de construction et Procédure de mise en tension

Les note de calculs présentent le phasage de mise en tension des poutres principale. Toutefois aucune information n'est disponible pour la mise en tension des câbles du hourdis.

III.3.2 - Tensions des armatures de précontrainte

D'après la note de calcul n°1, l'ensemble des câbles présente une tension de service de 41t, soit une contrainte de 887 MPa.

III.3.3 - Charges de dimensionnement de l'encorbellement

VARIATION DE L'ENCORBELLEMENT		Bras de	
		levier	
Poids propre	$1,17 \times 0,16 \times 2,4$	$= 0,449$	$0,585$
	$\frac{0,05 \times 0,44 \times 2,4}{2}$	$= 0,026$	$0,147$
Bordure	$0,0 \times 0,22 \times 2,5$	$= 0,110$	$0,070$
Trottoir	$0,56 \times 0,23 \times 2,0$	$= 0,258$	$0,450$
Corniche et contre-corniche	$0,50 \times 0,24 \times 2,5$	$= 0,300$	$0,930$
Garde-corps		$= 0,045$	$1,010$
		$1,188$	$0,751 \text{ tm/m}$
Surcharge		$0,400$	$0,588 \text{ tm/m}$

Coefficient de majoration dynamique :

$$K = 1 + \frac{0,4}{1 + 0,2 \times 5,90} + \frac{0,6}{1 + 4 \times \frac{1,188}{0,4}} = 1,230$$
$$H = - (0,751 + 0,208 \times 1,23) = - 0,987 \text{ tm.}$$

IV - PRESENTATION DU NOUVEAU SUPPORT DE TUYAU

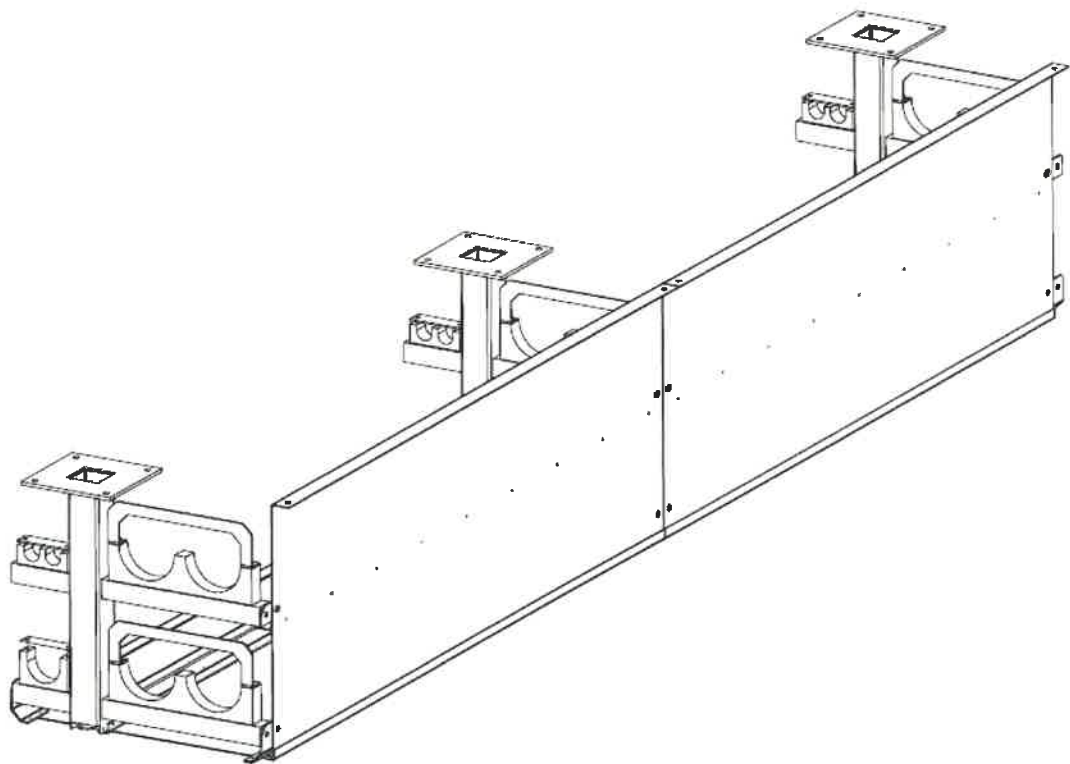


Figure 7 : Vue en perspective du support projeté

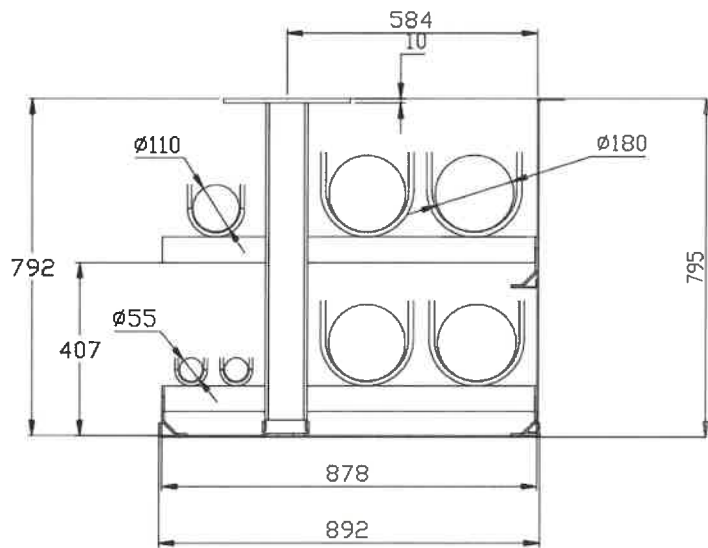


Figure 8 : Vue en coupe du support

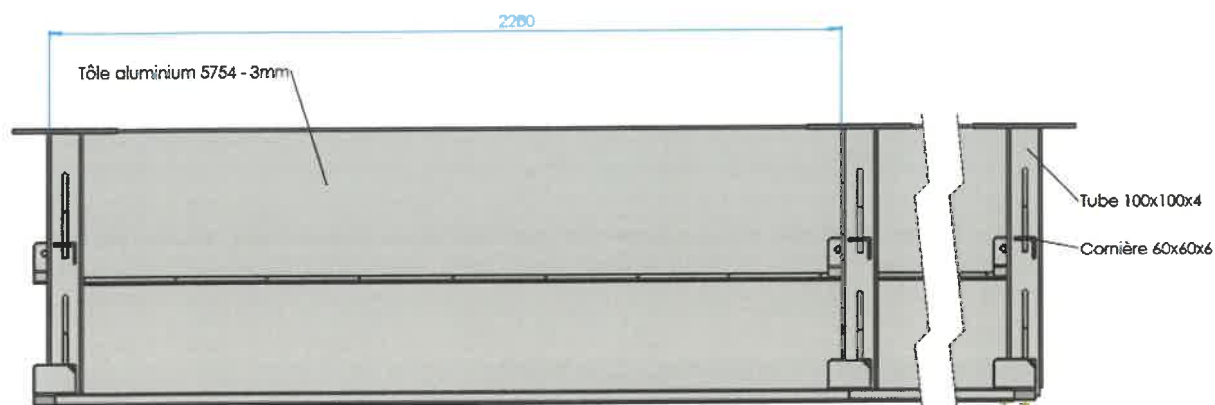


Figure 9 : Vue en élévation du support

Des informations à notre disposition, la nouvelle structure devrait ramener les charges suivantes sur l'ouvrage :

- Consoles métalliques : 35kg par unité (tous les 2,28 m)
- Masse linéique des fourreaux PEHD (dont manchons) :
 - 4 PEHD Ø180 SRD17 HT : $4 \times 5.80 \text{ kg/ml} = 23.200 \text{ kg/ml}$
 - 1 PEHD Ø110 SRD13.6 : $1 \times 2.65 \text{ kg/ml} = 2.65 \text{ kg/ml}$
 - 2 PEHD Ø50 SRD 11 : $2 \times 0.670 \text{ kg/ml} = 1.34 \text{ kg/ml}$
 - Manchon électro-soudable Ø50 : $2 \times 0.027 \text{ kg/ml} = 0.054 \text{ kg/ml}$
 - Manchon électro-soudable Ø110 : 0.120 kg/ml
 - Manchon électro-soudable Ø180 : $4 \times 0.290 \text{ kg/ml} = 1.160 \text{ kg/ml}$
 - Manchon électro-soudable Ø180 : $4 \times 0.290 \text{ kg/ml} = 1.160 \text{ kg/ml}$
- Masse linéique des câbles dans les différents fourreaux PEHD :
 - 4 PEHD Ø180 : $4 \times 7.300 \text{ kg/ml} = 29.200 \text{ kg/ml}$
 - 1 PEHD Ø 110 : $1 \times 1.500 \text{ kg/ml} = 1.500 \text{ kg/ml}$
 - 2 PEHD Ø 50 : $2 \times 0.170 \text{ kg/ml} = 0.340 \text{ kg/ml}$
- Masse linéique de la tôle de protection en aluminium : 16,5 kg/ml.

V - HYPOTHESES GENERALES

V.1 - Matériaux

V.1.1 - Béton

D'après une note du dossier d'ouvrage, les essais sur éprouvettes béton réalisées au coulage de l'ouvrage présentent des résistances en compression de l'ordre de 40 MPa. Par conséquent en l'absence d'autre information dans le dossier d'ouvrage nous considérons que le béton est de type C35/45 et les caractéristiques du béton sont les suivantes :

- Résistance caractéristique en compression = $f_{ck} = 35 \text{ MPa}$
- Résistance caractéristique (fractile 5%) en traction = $f_{ctk,0,05} = 2,2 \text{ MPa}$
- Module d'élasticité du béton = $E_{cm} = 34 \text{ GPa}$
- Coefficient $\gamma_b = 1,5$

Les mises en tension des câbles ont été effectuées seulement après durcissement satisfaisant des bétons des diverses parties d'ouvrages intéressés.

A cet effet, l'évolution des résistances de ces bétons était suivie par des essais en laboratoire sur éprouvettes prélevées au coulage.

En moyenne, les résultats à l'écrasement à 90 jours, sur 21 séries d'éprouvettes, ont été de 407 kg/cm² pour des bétons dosés à 400 kg de ciment C.P.A. (Usine de LEXOS) par m³ en œuvre, avec agrégats alluvionnaires de 25 m/m de dimensions maximales.

Figure 10 : Extrait de la note concernant les essais sur le béton

V.1.2 - Armatures passives existantes

D'après les plans, les aciers utilisés sont des aciers doux de type rond lisse, nous considérons que les caractéristiques des aciers sont les suivantes :

- Limite d'élasticité des aciers doux : $f_{yk} = 235 \text{ MPa}$
- Module d'élasticité des aciers : $E = 200 \text{ GPa}$
- Coefficient $\gamma_s = 1,15$

V.1.3 - Armatures de précontrainte

D'après les plans du dossier d'ouvrage, le procédé de précontrainte mis en œuvre est constitué de câbles de 12 fils de 7 mm.

V.1.3.1 - Caractéristiques des armatures de précontrainte

D'après la circulaire de 1953 [12] et de 1966 [13], les câbles de type 12 Φ 7 ont les caractéristiques suivantes (fils laminés et traités et câbles façonnés sur chantier) :

- Module d'élasticité : 190 GPa
- Section d'un câble : 462 mm²
- Coefficient de frottement du câble dans les courbes : 0,4 (recommandation de la circulaire 141 [12])

- Perte relative de tension par mètre : 0,0036 (Procédé STUP de la circulaire 81 [13])
- Relaxation à 1000h : 10% (recommandation de la circulaire 141 [12])
- Recul d'ancrage : 6 mm (Procédé STUP de la circulaire 81 [13])
- Diamètre extérieur de la gaine : 40 mm
- Limite à la rupture comprise entre 140 et 160 kg/mm² (soit 1 400 à 1600 MPa d'après les recommandations de la circulaire 141 [12])
- Contrainte moyenne de mise en tension : 1035 MPa (Selon les recommandations de la circulaire 141 [12])

V.1.3.2 - Recalcul des tensions résiduelles dans les câbles

Sur la base des hypothèses précédentes et des méthodes de calculs des pertes de tension estimées dans les câbles de précontrainte (BPEL) sous les charges permanente. Les tensions suivantes sont prises en compte par la suite :

Contraintes/tensions résiduelle dans câbles						
UNITE 1						
Après pertes : Abscisse x (m)	Instantanées			différées		
	$\Sigma_{pi}(x)$ (MPa)	T _{pi} (kN)	p pertes	$\Sigma_{pv}(x)$ (MPa)	T _{pv} (kN)	p pertes
0,00	1 035	478	0%	815	377	-21%
0,94	1 033	477	0%	815	376	-21%
1,88	1 032	477	0%	814	376	-21%
2,82	1 030	476	0%	813	376	-21%
3,76	1 029	475	-1%	813	375	-21%
4,70	1 027	474	-1%	812	375	-22%
5,64	1 026	474	-1%	811	375	-22%
6,58	1 024	473	-1%	811	374	-22%
7,52	1 023	472	-1%	810	374	-22%
8,46	1 021	472	-1%	809	374	-22%
9,40	1 020	471	-1%	808	373	-22%

Figure 11 : Recalcul des tensions dans les câbles de précontrainte du hourdis

La tension dans les câbles après pertes différées est estimée à 809 MPa. Cette valeur de tension est légèrement inférieure à la tension de service indiqué dans la note de calcul de 1958 (887 MPa).

VI - ACTIONS ET COMBINAISONS CONSIDEREES

VI.1 - Charges permanentes

VI.1.1 - Poids propre

Le poids propre est calculé sur la base de la géométrie issue des plans et documents à notre disposition. On prendra en considération un poids volumique du béton de 25 kN/m³.

On considère ici le poids propre des poutres, du hourdis et des entretoises.

VI.1.2 - Charges permanentes additionnelles d'origine

Sur la base de la géométrie déduite des plans du dossier d'ouvrage, les charges additionnelles sont les suivantes :

- | | |
|--|----------------------|
| - Revêtement de trottoir : | 24 kN/m ³ |
| - Garde-corps métallique : | 0,45 kN/ml / rive |
| - Eléments en béton armé (corniche et contre corniche) : | 25 kN/m ³ |
| - Remplissage en béton maigre : | 20 kN/m ³ |

VI.1.3 - Charges de projet

D'après les informations transmises par l'entreprise GAUTHIER, les charges suivantes sont à prendre en compte :

- | | |
|-----------------------|----------------------------------|
| - Console en acier : | 0,35 kN espacées tous les 2,28 m |
| - Tôle en aluminium : | 0,17 kN/ml |
| - Gaine + réseaux : | 0,61 kN/ml |

VI.2 - Charge thermique

Dans le cadre de la vérification de l'encorbellement du tablier les charges thermiques ne sont pas prises en compte.

VI.3 - Charge Climatique (Neige/Vent)

Les charges climatiques ne sont pas prises en compte.

VI.4 - Surcharge d'exploitation**VI.4.1 - Charge de dimensionnement d'origine**

A l'origine l'encorbellement a été dimensionné pour reprendre une charge d'exploitation de 4 kN/m² majorée par un coefficient d'amplification dynamique de 1,23. Cette charge est équivalente à une charge de foule à l'EUROCODE.

Nota : La note de calculs de l'époque n'a pas vérifié l'encorbellement en situation accidentelle dans le cas de l'application d'une roue isolée d'un essieu de véhicule.

VI.4.2 - Charges d'EUROCODE

Conformément au paragraphe 4.5.1, 5.3.2.1 et 5.3.2.2, les charges à prendre en compte dans le cas de ponts routier portant des trottoirs sont :

- Charges uniformes de piétons (gr3) : $q_{fk} = 5 \text{ kN/m}^2$
- Charge concentrée : 10 kN répartie sur un carré de 0,1m de coté au plus proche du garde-corps.

La charge concentrée sera diffusée à 45° jusqu'à la fibre moyenne de la dalle en encorbellement.

Nota : La charge uniforme et la charge concentrée ne sont pas concomitantes

Nota : La charge accidentelle définie dans la section 4.7.3.1 de l'EUROCODE 1 partie 2 n'est étudiée. L'encorbellement n'est déjà pas justifié sous cette charge dans la situation actuelle. La charge de projet est négligeable devant cette charge accidentelle.

VI.5 - Combinaisons

Les combinaisons d'actions utilisées pour les vérifications de résistance sont définies par :

- ELS quasi-permanent $\sum G_{k,j} + P + \sum \psi_{2,i} Q_{k,i}$
- ELS fréquent $\sum G_{k,j} + P + \psi_1 Q_{k,1} + \sum \psi_{2,i} Q_{k,i}$
- ELS caractéristique $\sum G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum \psi_{0,i} Q_{k,i}$
- ELU fondamental $\sum \gamma_{g,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{q,1} Q_{k,1} + \sum \gamma_{q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$

Les coefficients partiels pris en compte pour les actions sont :

Action de base	Notation	$\gamma_g / \gamma_P / \gamma_q$	
		Fav	Défav
Poids propre	G	1	1,35
Précontrainte	P	1	1,2
Charges de trottoir (gr3)	Q_{gr3}	0	1,35
Charge concentrée	Q_{fwk}	0	1,35

Pour la combinaison des différentes actions nous considérons les coefficients d'accompagnement ψ suivant :

Action variable de base	Notation	Valeur de combinaison ψ_0	Valeur fréquente ψ_1	Valeur quasi permanente ψ_2
Charges de trottoir (gr3)	Q_T	0	0,4	0
Charge concentrée	Q_{fwk}	0	0	0

VII - VERIFICATION DE L'ENCORBELLEMENT

VII.1 - Calcul des charges / sollicitations

Le projet prévoit la mise en place d'un support métallique sous l'encorbellement en béton. La position de la platine de fixation du nouveau support de réseau se situe à 53 cm du nu de la poutre. La prise en compte d'une diffusion des efforts à 45° dans l'encorbellement implique que la section résistante à l'encastrement nécessaire à la reprise de la nouvelle structure serait de 106 cm x 16 cm^{Ht}.

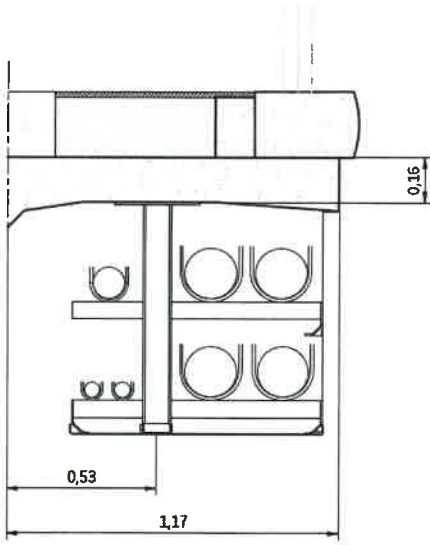


Figure 12 : Implantation schématique du nouveau support sous l'encorbellement du pont

Au vu de l'entraxe des câbles de précontrainte, les calculs tiennent compte d'une largeur de béton de $76,25/2 + 82,75/2 = 79,5$ cm (longueur d'encorbellement).

VII.1.1 - Charges permanentes actuelles

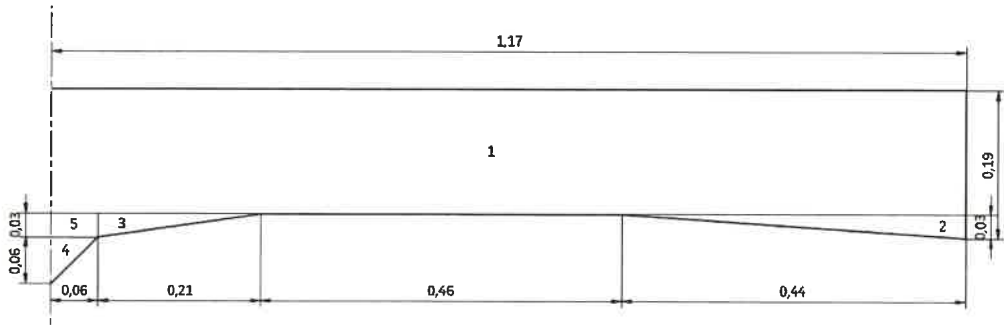


Figure 13 : Numérotation des sections de béton

ID - Section	I	H	L	Section	Charge	Bras de levier	Moment à l'encastrement
Section béton rectangulaire							
Encorbellement 1	0,795 m	0,16 m	1,17 m	0,187 m²	3,57 kN	0,585 m	2,09 kN.m
Encorbellement 5	0,795 m	0,03 m	0,06 m	0,002 m²	0,03 kN	0,030 m	0,00 kN.m
Section béton triangulaire							
Encorbellement 2	0,795 m	0,03 m	0,44 m	0,007 m²	0,13 kN	1,023 m	0,13 kN.m
Encorbellement 3	0,795 m	0,03 m	0,21 m	0,003 m²	0,06 kN	0,130 m	0,01 kN.m

ID - Section	I	H	L	Section	Charge	Bras de levier	Moment à l'encastrement
Encorbellement 4	0,795 m	0,06 m	0,06 m	0,002 m ²	0,03 kN	0,020 m	0,00 kN.m
Superstructure							
Corniche	0,795 m	0,24 m	0,37 m	0,087 m ²	1,66 kN	1,055 m	1,75 kN.m
Contre corniche	0,795 m	0,22 m	0,14 m	0,030 m ²	0,57 kN	0,800 m	0,46 kN.m
Remplissage de trottoir	0,795 m	0,21 m	0,56 m	0,118 m ²	1,87 kN	0,450 m	0,84 kN.m
Asphalte	0,795 m	0,02 m	0,70 m	0,014 m ²	0,27 kN	0,520 m	0,14 kN.m
Bordure	0,795 m	0,23 m	0,17 m	0,039 m ²	0,75 kN	0,085 m	0,06 kN.m
GC	0,795 m	-	-	-	0,36 kN	1,020 m	0,36 kN.m

Soit une charge totale de 9,30 kN pour un moment sur appui de 5,85 kN.m.

VII.1.2 - Charges projetées

ID - Section	I	Charge	Bras de levier	Moment à l'encastrement
Nouveau support de réseaux				
Console en acier	-	0,35 kN	0,526 m	0,18 kN.m
Tôle en aluminium	2,28 m	0,38 kN	0,526 m	0,20 kN.m
Gaine + réseaux	2,28 m	1,38 kN	0,526 m	0,73 kN.m

Soit une charge totale de 2,11 kN pour un moment sur appui de 1,11 kN.m.

VII.1.3 - Surcharge d'exploitation d'origine

ID - Section	I	H	L	Surface	Charge	Bras de levier	Moment à l'encastrement
Charge d'exploitation d'origine	0,80 m	-	1,02 m	0,811 m ²	3,99 kN	0,510 m	2,03 kN.m

VII.1.4 - Surcharge d'exploitation EUROCODE

ID - Section	I	H	L	Surface	Charge	Bras de levier	Moment à l'encastrement
Charge uniforme (gr 3)	0,795 m	-	1,02 m	0,811 m ²	4,05 kN	0,510 m	2,07 kN.m
Charge concentrée de 10kN	0,720 m	-	0,61 m	0,439 m ²	10,00 kN	0,865 m	8,65 kN.m

VII.2 - Vérification de l'encorbellement à l'ELS / ELU

VII.2.1 - Enveloppe des combinaisons d'actions EUROCODE

	ELS QP	ELS FQ	ELS CARA	ELU
Effort tranchant	11,41 kN	13,03 kN	21,41 kN	28,91 kN
Moment fléchissant	6,96 kN.m	7,78 kN.m	15,61 kN.m	21,07 kN.m

VII.2.2 - Vérification en flexion simple

1 béton	2 armatures actives
Encorbellement	12 phi 7
contour	barres
fck = 35 MPa	f _{pk} = 1 500 MPa
γ _c = 1,50	γ _p = 1,15
φ = 2,00	f _{p0,1k} = 1 150 MPa
	loi acier : loi écrouissante
	E _p = 190 000 MPa
	σ _{p,inst} = 1 035 MPa
σ _{max} = 21 MPa	σ _{p,diff} = 809 MPa
	part des pertes due au retrait & fluage = 50%
	η = 1,83
	σ _{max} = 1 035 MPa

Figure 14 : Hypothèse sur les matériaux

1 Encorbellement		2 12 phi 7		
contour		barres		
Y [m]	Z [m]	Y [m]	Z [m]	S [cm²]
0,00	0,00	0,00	0,08	4,62
0,40	0,00			
0,40	0,16			
-0,40	0,16			
-0,40	0,00			
0,00	0,00			

Figure 15 : Géométrie prise en compte

Séquences de calcul		Phases			Torseur [kN & kN.m]					Etat limite	Type calcul	Effets différés ?	Phase précédente
#	Nom	#	Nom	Type	N	My	Mx	Vy	Vz				
1	Vérification de l'encorbellement en situation projetée	1-1	Mise en tension de la précontrainte	intermédiaire		2,2				ELS	équilibre	non	so
		1-2	Application des pertes différées	intermédiaire		5,8				ELS	équilibre	oui	1-1
		1-3	ELS QP	finale		7,0				ELS	équilibre	non	1-2
		1-4	ELS FQ	finale		7,8				ELS	équilibre	non	1-2
		1-5	ELS CARA	finale		15,6				ELS	équilibre	non	1-2
		1-6	ELU	finale		21,1				ELU	MyRd	non	1-2

Figure 16 : Définition du phasage de calculs / Sollicitations

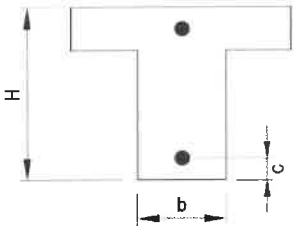
Séquences de calcul		Phases	Calcul	Etat limite	Torseur [kN & m]	Calcul d'équilibre ELS/ELU						Contraintes admissibles [MPa]		τ	Statut	MyEd [kN.m]	MyEd [kN.m]	τ	Statut
						Matériau		Contraintes [MPa]											
						My	ID	Nom	Type	omIn	omax	omIn	omax						
1	Vérification de l'encorbellement en situation projetée	1-1	Mise en tension de la précontrainte	équilibre	ELS	2,2	1	Encorbellement	béton	3,1	4,4		21,0	21% OK					
							2	12 phi 7	armatures actives	-1 035,0	-1 035,0	-1 035,0		188% OK					
		1-2	Application des pertes différées (avec effets différés)	équilibre	ELS	5,8	1	Encorbellement	béton	1,2	4,7		21,0	47% OK					
							2	12 phi 7	armatures actives	-809,0	-809,0	-1 035,0		78% OK					
		1-3	ELS QP	équilibre	ELS	7,0	1	Encorbellement	béton	0,9	5,0		21,0	24% OK					
							2	12 phi 7	armatures actives	-809,0	-809,0	-1 035,0		78% OK					
		1-4	ELS FQ	équilibre	ELS	7,8	1	Encorbellement	béton	0,6	5,3		21,0	23% OK					
							2	12 phi 7	armatures actives	-809,0	-809,0	-1 035,0		78% OK					
		1-5	ELS CARA	équilibre	ELS	15,6	1	Encorbellement	béton	0,0	8,2		21,0	38% OK					
							2	12 phi 7	armatures actives	-813,6	-813,6	-1 035,0		78% OK					
		1-6	ELU	MyEd	ELU	21,1										31,6	21,1	67% OK	

Figure 17 : Résultats à l'ELS et l'ELU

En flexion simple, l'encorbellement est justifié sous les charges réglementaires EUROCODE et les charges projetées.

VII.2.3 - Effort tranchant

Béton : $f_{c28} = 35 \text{ MPa}$ $f_{yk} = 235 \text{ MPa}$ **Armatures passives :** $f_{yk} = 235 \text{ MPa}$ $f_{yd} = 204 \text{ MPa}$ **Coefficients de sécurité :** Situation **durable ou transitoire** $\gamma_c = 1,5$ $\gamma_s = 1,2$ $\alpha_{cc} = 1$
Type structure : **existante** $f_{ck} = 39 \text{ MPa}$ $f_{cd} = 26 \text{ MPa}$ $\theta = 45,0^\circ$ **OK**
Type de section : **Rectangulaire ou T**
Type d'élément : **dalle avec redistribution transversale**



Vérification des sections existantes :

Géométrie béton [mm]				Armatures transversales								Résultats (s : mm ; As/s : cm²/m ; V : kN)								
ID	H	b _{net}	c	N _{Ed} [kN]	A _c [m²]	A _{s1} [cm²]	N	Diam [mm]	s [mm]	α [°]	A _s /s [cm²/m]	V _{Ed} [kN]	s _{max}	(A _s /s) _{min}	V _{Rd,c}	V _{Rd,max}	V _{Rd,s}	V _{Rd}		
Encorbellement	160	755	30							90	0,00	28,9			138,0	575,4	0,0	138,0	OK	21V

Figure 18 : Vérification à l'effort tranchant du hourdis

Le hourdis est justifié à l'effort tranchant à l'ELU sous les charges réglementaires EUROCODE et les charges projetées.

VIII - CONCLUSION

Sous nos hypothèses de charges et de matériaux, l'encorbellement est justifié à l'ELS et l'ELU pour reprendre les nouvelles charges induites par la nouvelle structure métallique mise en place sous l'encorbellement du pont sur la Truyère.

Rapport établi le 27/10/2025
Le chargé d'affaires
DESNOS Vincent

**ANNEXE 3 :
DIMENSIONNEMENT CHEVILLES CONSOLES**




www.hilti.fr

Société:	HILTI FRANCE	Page:	1
Adresse:		Prescripteur:	Alexandre CAILLER
Tel Fax:	07 60 95 49 05	E-mail:	alexandre.cailler@hilti.com
Design:	Supportage platine sous face_HVU2	Date:	28/10/2025
Sous projet Pos. N°:			

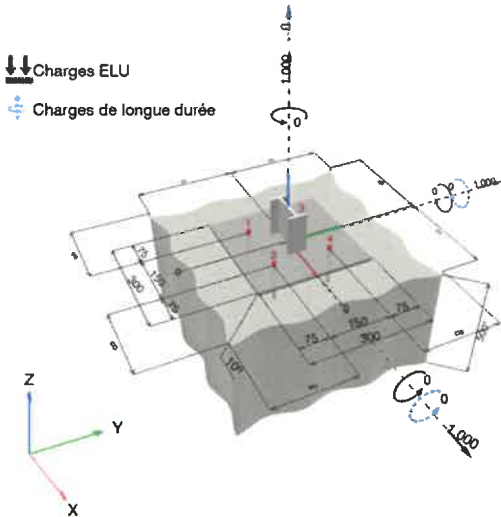
Commentaires du spécificateur:

1 Données d'entrée

Type et diamètre de la cheville:	HVU2 + HAS-U A4 M10_hef1	
Période de retour (durée de vie en années):	50	
Code d'article:	2223838 HAS-U A4 M10x130 (accessoire de pose) / 2164506 HVU2 M10x90 (capsule)	
Specification text:	Hilti HAS-U A4 tige filetée with HVU2 Capsule chimique with 90 mm embedment hef, M10hef1, Acier inoxydable, Perçage avec perforateur installation per ETA-16/0515,	
Profondeur d'implantation effective:	h _{ef,act} = 90,0 mm, h _{nom} = 90,0 mm	
Matériau:	A4	
Homologation:	ETA-16/0515	
Délivré Validité:	14/09/2023 -	
Méthode de calcul:	Méthode de calcul EN 1992-4, Produits chimiques	
Montage avec écartement:	e _b = 0,0 mm (sans écartement); t = 10,0 mm	
Platine ^R :	l _x x l _y x t = 300,0 mm x 300,0 mm x 10,0 mm; (Epaisseur de platine recommandée: non calculé)	
Profil:	Profil en I, I 100; (L x W x T x FT) = 100,0 mm x 50,0 mm x 6,8 mm x 6,8 mm	
Matériau de base:	Béton fissuré béton, C30/37, f _{c,cyl} = 30,00 N/mm ² ; h = 500,0 mm, Temp. court/long: 40/24 °C, coefficient de sécurité du matériau partiel γ _c = 1,500	
Installation:	Hammer drilled hole, condition d'installation: sec	
Renforcement:	Pas de renforcement ou distance entre armatures >= 150 mm (tous Ø) ou >= 100 mm (Ø <= 10 mm) Pas de renforcement de bord longitudinal	

^R - Le calcul de la cheville est réalisé avec l'hypothèse d'une platine rigide.

Géométrie [mm] & Charges [daN, daNm]





Hilti PROFIS Engineering 3.1.23

www.hilti.fr

Société:	HILTI FRANCE	Page:	2
Adresse:		Prescripteur:	Alexandre CAILLER
Tel Fax:	07 60 95 49 05	E-mail:	alexandre.cailler@hilti.com
Design:	Supportage platine sous face_HVU2	Date:	28/10/2025
Sous projet Pos. N°:			

1.1 Combinaison de charges

Cas	Description	Forces [daN] / Moment [daNm]	Sismique	Feu	Util. max. Cheville [%]
1	Combinaison 1	$N = 1\,000,0; V_x = 1\,000,0; V_y = 1\,000,0;$ $M_x = 0,0; M_y = 0,0; M_z = 0,0;$ $N_{sus} = 0,0; M_{x,sus} = 0,0; M_{y,sus} = 0,0;$	non	non	28

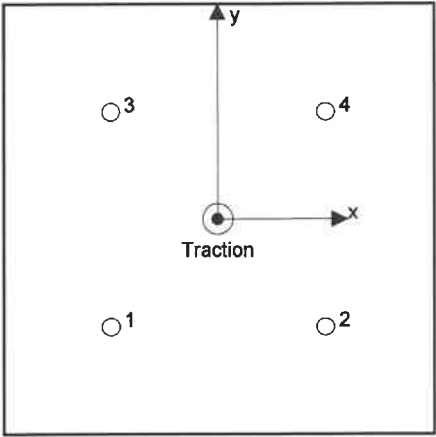
2 Cas de charges/Charges résultantes sur les chevilles

Réactions des chevilles [daN]

Traction: (+Traction, -Compression)

Cheville	Traction	Cisaillement	Cisaillement x	Cisaillement y
1	250,0	353,6	250,0	250,0
2	250,0	353,6	250,0	250,0
3	250,0	353,6	250,0	250,0
4	250,0	353,6	250,0	250,0

Max. concrete compressive strain: - [%]
Max. concrete compressive stress: - [N/mm²]
Resulting tension force in (x/y)=(0,0/0,0): 1 000,0 [daN]
Resulting compression force in (x/y)=(-/-): 0,0 [daN]



Les forces sur les chevilles sont calculées avec l'hypothèse d'une platine rigide.



Hilti PROFIS Engineering 3.1.23

www.hilti.fr			
Société:	HILTI FRANCE	Page:	3
Adresse:		Prescripteur:	Alexandre CAILLER
Tel Fax:	07 60 95 49 05	E-mail:	alexandre.cailler@hilti.com
Design:	Supportage platine sous face_HVU2	Date:	28/10/2025
Sous projet Pos. N°:			

3 Traction (EN 1992-4, § 7.2.1)

	Charge [daN]	Capacité [daN]	Utilisation β_N [%]	Statut
Rupture acier*	250,0	2 171,1	12	OK
Rupture combinée par extraction/glissement et cône de béton**	1 000,0	4 469,8	23	OK
Rupture par cône de béton**	1 000,0	5 808,9	18	OK
Rupture par fendage**	NA	NA	NA	NA

* cheville la plus défavorable ** groupe de chevilles (chevilles en traction)

3.1 Rupture acier

$$N_{Ed} \leq N_{Rd,s} = \frac{N_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}}$$

EN 1992-4, Tableau 7.1

$N_{Rk,s}$ [daN]	γ_{Ms}	$N_{Rd,s}$ [daN]	N_{Ed} [daN]
4 060,0	1,870	2 171,1	250,0



Hilti PROFIS Engineering 3.1.23

www.hilti.fr			
Société:	HILTI FRANCE	Page:	4
Adresse:		Prescripteur:	Alexandre CAILLER
Tel Fax:	07 60 95 49 05	E-mail:	alexandre.cailler@hilti.com
Design:	Supportage platine sous face_HVU2	Date:	28/10/2025
Sous projet Pos. N°:			

3.2 Rupture combinée par extraction/glisement et cône de béton

$$N_{Ed} \leq N_{Rd,p} = \frac{N_{Rk,p}}{\gamma_{Mp}}$$

EN 1992-4, Tableau 7.1

$$N_{Rk,p} = N_{Rk,p}^0 \cdot \frac{A_{p,N}}{A_{p,N}^0} \cdot \psi_{g,Np} \cdot \psi_{s,Np} \cdot \psi_{re,Np} \cdot \psi_{ec1,Np} \cdot \psi_{ec2,Np}$$

EN 1992-4, Éq. (7.13)

$$N_{Rk,p}^0 = \psi_{sus} \cdot \tau_{Rk} \cdot \pi \cdot d \cdot h_{ef}$$

EN 1992-4, Éq. (7.14)

$$\psi_{sus} = 1$$

EN 1992-4, Éq. (7.14a)

$$s_{cr,Np} = 7,3 \cdot d \cdot \sqrt{\psi_{sus} \cdot \tau_{Rk}} \leq 3 \cdot h_{ef}$$

EN 1992-4, Éq. (7.15)

$$\psi_{g,Np} = \psi_{g,Np}^0 - \left(\frac{s}{s_{cr,Np}} \right)^{0,5} \cdot (\psi_{g,Np}^0 - 1) \geq 1,00$$

EN 1992-4, Éq. (7.17)

$$\psi_{g,Np}^0 = \sqrt{n} - (\sqrt{n} - 1) \cdot \left(\frac{\tau_{Rk}}{\tau_{Rk,c}} \right)^{1,5} \geq 1,00$$

EN 1992-4, Éq. (7.18)

$$\tau_{Rk,c} = \frac{k_3}{\pi \cdot d} \cdot \sqrt{h_{ef} \cdot f_{ck}}$$

EN 1992-4, Éq. (7.19)

$$\psi_{s,Np} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c}{c_{cr,Np}} \leq 1,00$$

EN 1992-4, Éq. (7.20)

$$\psi_{ec1,Np} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot e_{c1,N}}{s_{cr,Np}} \right)} \leq 1,00$$

EN 1992-4, Éq. (7.21)

$$\psi_{ec2,Np} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot e_{c2,N}}{s_{cr,Np}} \right)} \leq 1,00$$

EN 1992-4, Éq. (7.21)

$A_{p,N}$ [mm ²]	$A_{p,N}^0$ [mm ²]	$\tau_{Rk,ucr,20}$ [N/mm ²]	$s_{cr,Np}$ [mm]	$c_{cr,Np}$ [mm]	c_{min} [mm]	$f_{c,cyl}$ [N/mm ²]
176 400	72 900	16,00	270,0	135,0	∞	30,00
ψ_c	$\tau_{Rk,cr}$ [N/mm ²]	k_3	$\tau_{Rk,c}$ [N/mm ²]	$\psi_{g,Np}^0$	$\psi_{g,Np}$	
1,041	8,85	7,700	12,74	1,421	1,107	
$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,Np}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,Np}$	$\psi_{s,Np}$	$\psi_{re,Np}$	
0,0	1,000	0,0	1,000	1,000	1,000	
ψ_{sus}^0	α_{sus}	ψ_{sus}				
1,000	0,000	1,000				
$N_{Rk,p}^0$ [daN]	$N_{Rk,p}$ [daN]	γ_{Mp}	$N_{Rd,p}$ [daN]	N_{Ed} [daN]		
2 502,8	6 704,6	1,500	4 469,8	1 000,0		

Groupe ID cheville
1-4



Hilti PROFIS Engineering 3.1.23

www.hilti.fr				5
Société:	HILTI FRANCE	Page:		
Adresse:		Prescripteur:	Alexandre CAILLER	
Tel Fax:	07 60 95 49 05	E-mail:	alexandre.cailler@hilti.com	
Design:	Supportage platine sous face_HVU2	Date:	28/10/2025	
Sous projet Pos. N°:				

3.3 Rupture par cône de béton

$$N_{Ed} \leq N_{Rd,c} = \frac{N_{RK,c}}{\gamma_{Mc}}$$

EN 1992-4, Tableau 7.1

$$N_{RK,c} = N_{RK,c}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec1,N} \cdot \psi_{ec2,N} \cdot \psi_{M,N}$$

EN 1992-4, Éq. (7.1)

$$N_{RK,c}^0 = k_1 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot h_{ef}^{1,5}$$

EN 1992-4, Éq. (7.2)

$$A_{c,N}^0 = s_{cr,N} \cdot s_{cr,N}$$

EN 1992-4, Éq. (7.3)

$$\psi_{s,N} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c}{c_{cr,N}} \leq 1,00$$

EN 1992-4, Éq. (7.4)

$$\psi_{ec1,N} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot e_{N,1}}{s_{cr,N}} \right)} \leq 1,00$$

EN 1992-4, Éq. (7.6)

$$\psi_{ec2,N} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot e_{N,2}}{s_{cr,N}} \right)} \leq 1,00$$

EN 1992-4, Éq. (7.6)

$$\psi_{M,N} = 1$$

EN 1992-4, Éq. (7.7)

$A_{c,N}$ [mm ²]	$A_{c,N}^0$ [mm ²]	$c_{cr,N}$ [mm]	$s_{cr,N}$ [mm]	$f_{c,cyl}$ [N/mm ²]		
176 400	72 900	135,0	270,0	30,00		
$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{s,N}$	$\psi_{re,N}$	z [mm]
0,0	1,000	0,0	1,000	1,000	1,000	0,0
$\psi_{M,N}$	k_1	$N_{RK,c}^0$ [daN]	γ_{Mc}	$N_{Rd,c}$ [daN]	N_{Ed} [daN]	
1,000	7,700	3 600,9	1,500	5 808,9	1 000,0	

Groupe ID cheville
1-4



Hilti PROFIS Engineering 3.1.23

www.hilti.fr

Société:	HILTI FRANCE	Page:	6
Adresse:		Prescripteur:	Alexandre CAILLER
Tel Fax:	07 60 95 49 05	E-mail:	alexandre.cailler@hilti.com
Design:	Supportage platine sous face_HVU2	Date:	28/10/2025
Sous projet Pos. N°:			

4 Cisaillement (EN 1992-4, § 7.2.2)

	Charge [daN]	Capacité [daN]	Utilisation β_v [%]	Statut
Rupture acier (sans bras de levier)*	353,6	1 301,3	28	OK
Rupture acier (avec bras de levier)*	NA	NA	NA	NA
Rupture par effet de levier**	1 414,2	8 939,5	16	OK
Rupture béton en bord de dalle en direction **	NA	NA	NA	NA

* cheville la plus défavorable ** groupe de chevilles (chevilles pertinentes)

When the input edge distance is set to "infinity", edge breakout verification is not performed in that direction

4.1 Rupture acier (sans bras de levier)

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,s} = \frac{V_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}} \quad \text{EN 1992-4, Tableau 7.2}$$

$$V_{Rk,s} = k_7 \cdot V_{Rk,s}^0 \quad \text{EN 1992-4, Éq. (7.35)}$$

$V_{Rk,s}^0$ [daN]	k_7	$V_{Rk,s}$ [daN]	γ_{Ms}	$V_{Rd,s}$ [daN]	V_{Ed} [daN]
2 030,0	1,000	2 030,0	1,560	1 301,3	353,6



Hilti PROFIS Engineering 3.1.23

www.hilti.fr

Société: HILTI FRANCE
Adresse: 07 60 95 49 05 |
Tel | Fax: Supportage platine sous face_HVU2
Design:
Sous projet | Pos. N°:

Page: 7
Prescripteur: Alexandre CAILLER
E-mail: alexandre.cailler@hilti.com
Date: 28/10/2025

4.2 Rupture par effet de levier (adhérence)

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,cp} = \frac{V_{Rk,cp}}{\gamma_{Mc,p}} \quad \text{EN 1992-4, Tableau 7.2}$$
$$V_{Rk,cp} = k_8 \cdot \min \{N_{Rk,c}; N_{Rk,p}\} \quad \text{EN 1992-4, Éq. (7.39c)}$$
$$N_{Rk,p} = N_{Rk,p}^0 \cdot \frac{A_{p,N}}{A_{p,N}^0} \cdot \psi_{g,Np} \cdot \psi_{s,Np} \cdot \psi_{re,Np} \cdot \psi_{ec1,Np} \cdot \psi_{ec2,Np} \quad \text{EN 1992-4, Éq. (7.13)}$$
$$N_{Rk,p}^0 = \psi_{sus} \cdot \tau_{Rk} \cdot \pi \cdot d \cdot h_{ef} \quad \text{EN 1992-4, Éq. (7.14)}$$
$$\psi_{sus} = 1 \quad \text{EN 1992-4, Éq. (7.14a)}$$
$$s_{cr,Np} = 7,3 \cdot d \cdot \sqrt{\psi_{sus} \cdot \tau_{Rk}} \leq 3 \cdot h_{ef} \quad \text{EN 1992-4, Éq. (7.15)}$$
$$\psi_{g,Np} = \psi_{g,Np}^0 - \left(\frac{s}{s_{cr,Np}} \right)^{0,5} \cdot (\psi_{g,Np}^0 - 1) \geq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Éq. (7.17)}$$
$$\psi_{g,Np}^0 = \sqrt{n} - (\sqrt{n} - 1) \cdot \left(\frac{\tau_{Rk}}{\tau_{Rk,c}} \right)^{1,5} \geq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Éq. (7.18)}$$
$$\tau_{Rk,c} = \frac{k_3}{\pi \cdot d} \cdot \sqrt{h_{ef} \cdot f_{ck}} \quad \text{EN 1992-4, Éq. (7.19)}$$
$$\psi_{s,Np} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c}{c_{cr,Np}} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Éq. (7.20)}$$
$$\psi_{ec1,Np} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot e_{c1,N}}{s_{cr,Np}} \right)} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Éq. (7.21)}$$
$$\psi_{ec2,Np} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot e_{c2,N}}{s_{cr,Np}} \right)} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Éq. (7.21)}$$

$A_{p,N} \text{ [mm}^2\text{]}$	$A_{p,N}^0 \text{ [mm}^2\text{]}$	$\tau_{Rk,ucr,20} \text{ [N/mm}^2\text{]}$	$s_{cr,Np} \text{ [mm]}$	$c_{cr,Np} \text{ [mm]}$	$c_{min} \text{ [mm]}$	$f_{c,cyl} \text{ [N/mm}^2\text{]}$
176 400	72 900	16,00	270,0	135,0	∞	30,00
ψ_c	$\tau_{Rk,cr} \text{ [N/mm}^2\text{]}$	k_3	$\tau_{Rk,c} \text{ [N/mm}^2\text{]}$	k_8	$\psi_{g,Np}^0$	
1,041	8,85	7,700	12,74	2,000	1,421	
$\psi_{g,Np}$	$e_{c1,V} \text{ [mm]}$	$\psi_{ec1,Np}$	$e_{c2,V} \text{ [mm]}$	$\psi_{ec2,Np}$	$\psi_{s,Np}$	
1,107	0,0	1,000	0,0	1,000	1,000	
$\psi_{re,Np}$	ψ_{sus}^0	α_{sus}	ψ_{sus}			
1,000	1,000	0,000	1,000			
$N_{Rk,p}^0 \text{ [daN]}$	$N_{Rk,p} \text{ [daN]}$	$\gamma_{Mc,p}$	$V_{Rd,cp} \text{ [daN]}$	$V_{Ed} \text{ [daN]}$		
2 502,8	6 704,6	1,500	8 939,5	1 414,2		

Groupe ID cheville

1-4



Hilti PROFIS Engineering 3.1.23

www.hilti.fr

Société: HILTI FRANCE
 Adresse:
 Tel | Fax: 07 60 95 49 05 |
 Design: Supportage platine sous face_HVU2
 Sous projet | Pos. N°:

Page: 8
 Prescripteur: Alexandre CAILLER
 E-mail: alexandre.cailler@hilti.com
 Date: 28/10/2025

5 Charges combinées traction et cisaillement (EN 1992-4, Paragraphe 7.2.3)

Rupture acier

β_N	β_V	α	Utilisation $\beta_{N,V}$ [%]	Statut
0,115	0,272	2,000	9	OK

$$\beta_N^\alpha + \beta_V^\alpha \leq 1,0$$

Rupture béton

β_N	β_V	α	Utilisation $\beta_{N,V}$ [%]	Statut
0,224	0,158	1,500	17	OK

$$\beta_N^\alpha + \beta_V^\alpha \leq 1,0$$

6 Déplacements (cheville la plus défavorable)

Charge à court terme:

N_{Sk}	=	185,2 [daN]	δ_N	=	0,0655 [mm]
V_{Sk}	=	261,9 [daN]	δ_V	=	0,1571 [mm]
			δ_{NV}	=	0,1702 [mm]

Charge à long terme

N_{Sk}	=	185,2 [daN]	δ_N	=	0,0917 [mm]
V_{Sk}	=	261,9 [daN]	δ_V	=	0,2095 [mm]
			δ_{NV}	=	0,2287 [mm]

Commentaires: Les déplacements en traction sont valides avec la moitié des couples de serrage requis pour Béton non fissuré Béton ! Les déplacements en cisaillement sont valides sans friction entre le béton et la platine ! L'espace entre le trou foré et le trou de passage n'est pas inclus dans ce calcul!

Les déplacements acceptables dépendent de la construction fixée et doivent être définis par le concepteur !



Hilti PROFIS Engineering 3.1.23

www.hilti.fr

Société:	HILTI FRANCE	Page:	9
Adresse:		Prescripteur:	Alexandre CAILLER
Tel Fax:	07 60 95 49 05	E-mail:	alexandre.cailler@hilti.com
Design:	Supportage platine sous face_HVU2	Date:	28/10/2025
Sous projet Pos. N°:			

7 Avertissements

- La redistribution des charges sur les chevilles suite à la déformation élastique de la platine n'est pas prise en compte. La platine est supposée suffisamment rigide pour ne pas se déformer lorsqu'elle est mise en charge.
- The equations presented in this report are based on metric units. When inputs are displayed in imperial units, the user should be aware that the equations remain in their metric format.
- La vérification du transfert de charges dans le support est nécessaire selon EN 1992-4, Annexe A !
- Le calcul n'est valide que si le diamètre du trou de passage n'est pas supérieur aux valeurs données dans le tableau 6.1 de EN 1992-4 ! Pour des diamètres de trou de passage plus importants, voir le §6.2.2 de EN 1992-4 !
- La liste d'accessoires donnée dans cette note de calcul est pour information uniquement. Dans tous les cas, les instructions de pose fournies avec le produit doivent être respectées pour assurer une installation correcte.
- Pour la détermination de $\psi_{rs,v}$ (rupture béton en bord de dalle), l'enrobage minimal défini dans les paramètres de calcul est utilisé comme enrobage de béton du renforcement de bord.
- Le nettoyage du trou doit être effectué selon le mode d'emploi (souffler 2x avec de l'air comprimé (min. 6 bar), broser 2x, souffler 2x avec de l'air comprimé (min. 6 bar)).
- Les adhérences caractéristiques dépendent des températures à court et long terme.
- Un renforcement de bord n'est pas requis pour éviter le fendage
- Les adhérences caractéristiques dépendent de la période de retour (durée de vie en années): 50

La fixation remplit les critères de conception !



Hilti PROFIS Engineering 3.1.23

www.hilti.fr

Société:	HILTI FRANCE	Page:	10
Adresse:		Prescripteur:	Alexandre CAILLER
Tel Fax:	07 60 95 49 05	E-mail:	alexandre.cailler@hilti.com
Design:	Supportage platine sous face_HVU2	Date:	28/10/2025
Sous projet Pos. N°:			

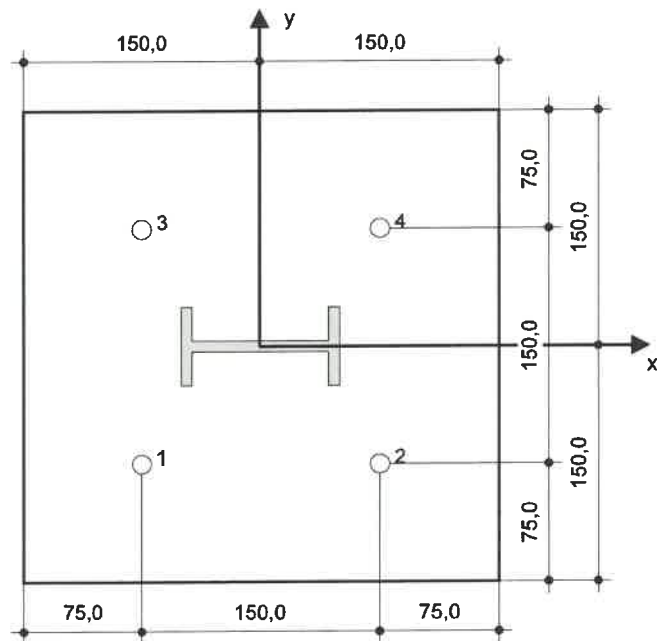
8 Données de pose

Platine, acier: S 235; E = 210 000,00 N/mm ² ; f _{yk} = 235,00 N/mm ²	Type et diamètre de la cheville: HVU2 + HAS-U A4 M10_hef1
Profil: Profil en I, I 100; (L x W x T x FT) = 100,0 mm x 50,0 mm x 6,8 mm x 6,8 mm	Code d'article: 2223838 HAS-U A4 M10x130 (accessoire de pose) / 2164506 HVU2 M10x90 (capsule)
Diamètre du trou de passage: d _r = 12,0 mm	Couple de pose maximum: 20 Nm
Epaisseur de platine (entrée): 10,0 mm	Diamètre du trou dans le matériau de base: 12,0 mm
Epaisseur de platine recommandée: non calculé	Profondeur du trou dans le matériau de base: 90,0 mm
Méthode de perçage: Perçage au perforateur	Epaisseur minimum du matériau de base: 120,0 mm
Nettoyage: Un nettoyage à air comprimé du trou est requis.	

Hilti HAS-U A4 tige filetée with HVU2 Capsule chimique with 90 mm embedment hef, M10hef1, Acier inoxydable, Perçage avec perforateur installation per ETA-16/0515

8.1 Accessoires recommandés

Perçage	Nettoyage	Pose
<ul style="list-style-type: none">Perçage en rotation uniquement préférableMèche	<ul style="list-style-type: none">Nettoyage à air comprimé avec les accessoires adaptés depuis le fond du trouEcouvillon du diamètre approprié	<ul style="list-style-type: none">Entraîneur pour cheville Hilti HVAClé dynamométrique



Coordonnées des chevilles [mm]

Cheville	x	y	c _{-x}	c _{+x}	c _{-y}	c _{+y}
1	-75,0	-75,0	-	-	-	-
2	75,0	-75,0	-	-	-	-
3	-75,0	75,0	-	-	-	-
4	75,0	75,0	-	-	-	-

Les données d'entrée et les résultats doivent être vérifiés quant aux conditions existantes et leur plausibilité!
PROFIS Engineering (c) 2003-2025, Hilti AG, FL-9494 Schaan. Hilti est une marque déposée de Hilti AG, Schaan



Hilti PROFIS Engineering 3.1.23

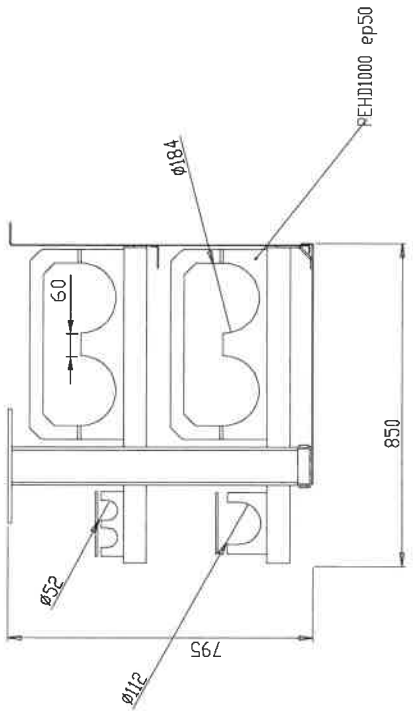
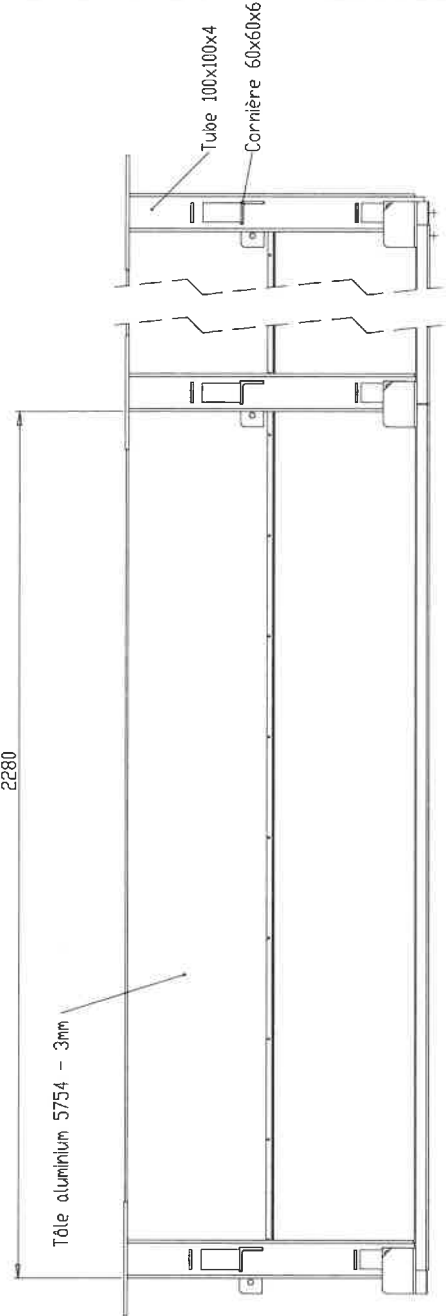
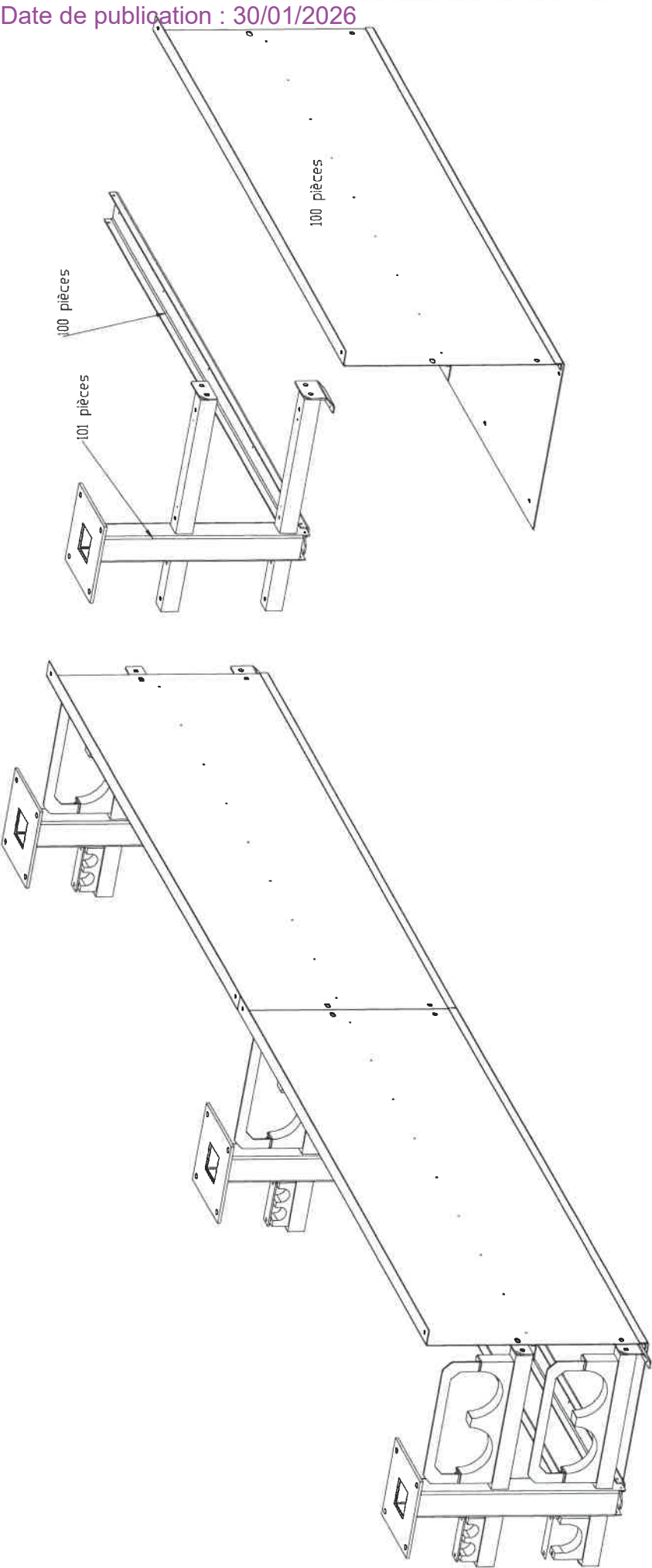
www.hilti.fr

Société:	HILTI FRANCE	Page:	11
Adresse:		Prescripteur:	Alexandre CAILLER
Tel Fax:	07 60 95 49 05	E-mail:	alexandre.cailler@hilti.com
Design:	Supportage platine sous face_HVU2	Date:	28/10/2025
Sous projet Pos. N°:			

9 Remarques, commentaires

- Toutes les informations et toutes les données contenues dans le Logiciel ne concernent que l'utilisation des produits Hilti et sont basées sur des principes, des formules et des réglementations de sécurité conformes aux consignes techniques d'Hilti et sur des instructions d'opération, de montage, d'assemblage, etc., que l'utilisateur doit suivre à la lettre. Tous les chiffres qui y figurent sont des moyennes ; en conséquence, des tests d'utilisation spécifiques doivent être conduits avant l'utilisation du produit Hilti applicable. Les résultats des calculs exécutés au moyen du Logiciel reposent essentiellement sur les données que vous y saisissez. En conséquence, vous êtes seul responsable de l'absence d'erreurs, de l'exhaustivité et de la pertinence des données saisies par vos soins. En outre, vous êtes seul responsable de la vérification des résultats du calcul et de leur validation par un expert, particulièrement en ce qui concerne le respect des normes et permis applicables avant leur utilisation pour votre site en particulier. Le Logiciel ne sert que d'aide à l'interprétation des normes et des permis sans aucune garantie concernant l'absence d'erreurs, l'exactitude et la pertinence des résultats ou leur adaptation à une application spécifique.
- Vous devrez prendre toutes les mesures nécessaires et raisonnables pour empêcher ou limiter les dommages causés par le Logiciel. Plus particulièrement, vous devez prendre vos dispositions pour effectuer régulièrement une sauvegarde des programmes et des données et, si applicable, exécuter les mises à jour régulièrement fournies par Hilti. Si vous n'utilisez pas la fonction AutoUpdate du Logiciel, vous devez vous assurer que vous utilisez dans chaque cas la version actuelle et à jour du Logiciel, en exécutant des mises à jour manuelles via le Site Web Hilti. Hilti ne sera tenu responsable d'aucune conséquence, telle que la nécessité de récupérer des besoins ou programmes perdus ou endommagés, découlant d'un manquement coupable de votre part à vos obligations.

**ANNEXE 4 :
FICHES TECHNIQUES**



Revison	Objet de la revision	Autor	Date de creation	Date de dernier enregistrement	Divina
S235JR	Charles JOTTRIDGE	22/04/2025	130705	27/10/2025	194055
Niveau	Niveau	385	Parton	Galvanisation à chaud	/ CASSEZ LES ANGLES VU
Titre					Supportage tuyau
N° de plan					OP2504-05803 GAUTHIER
Echelle					1:10 A2 1/1

DESCRIPTIF

Les gaines **FLEXENERGY NF** GROUPE 5 sont des gaines en polyéthylène haute densité PE100 de couleur noire avec des bandes de repérages rouge.

DOMAINES D'APPLICATION

Les gaines **FLEXENERGY NF** sont destinées aux applications de protection et de confinement des réseaux électriques aériens et enterrés.

NORMES ET CERTIFICATIONS

- Norme NF EN 12 201 Tube certifié à la Marque NF114 Groupe 5 – Codes UP, WN et MP
- Règlement de la Marque NF114 Groupe 5



GAMME ET CONDITIONNEMENT

BARRE

Tout SDR

TOURET

SDR 17 - 13,6 - 11 - 9 - 7,4

DN75 : Barre de 6m

DN90 au DN800 : Barre de 6m et 12m

DN40 à DN180 : Touret de 250m à 2000m
selon DN et SDR

- Pour des DN supérieurs ou égaux à DN90 : Longueur en barre supérieure à 12m disponible sur demande.
- La tolérance sur la longueur des tubes, mesurée à 20 (-/+ 5)°C est de +/- 1% quel que soit le conditionnement (couronne, touret ou barre).

CARACTERISTIQUES TECHNIQUES

Caractéristiques dimensionnelles

	SDR26 PE100 PN6		SDR21 PE100 PN8		SDR17 PE100 PN10		SDR13,6 PE100 PN12,5		SDR11 PE100 PN16		SDR9 PE100 PN20		SDR7,4 PE100 PN25	
DN (mm)	Ep. (mm)	Poids (kg/m)	Ep. (mm)	Poids (kg/m)	Ep. (mm)	Poids (kg/m)	Ep. (mm)	Poids (kg/m)	Ep. (mm)	Poids (kg/m)	Ep. (mm)	Poids (kg/m)	Ep. (mm)	Poids (kg/m)
40	-	-	-	-	-	-	-	-	3,7	0,431	-	-	-	-
50	-	-	-	-	-	-	-	-	4,6	0,670	-	-	-	-
63	-	-	-	-	-	-	-	-	5,8	1,06	-	-	-	-
75	-	-	-	-	-	-	-	-	6,8	1,48	-	-	-	-
90	3,5	0,970	4,3	1,18	5,4	1,48	6,7	1,77	8,2	2,15	10,1	2,57	12,3	3,04
110	4,2	1,43	5,3	1,78	6,6	2,19	8,1	2,65	10	3,19	12,3	3,82	15,1	4,55
125	4,8	1,84	6,0	2,27	7,4	2,79	9,2	3,41	11,4	4,13	14,0	4,94	17,1	5,83
140	5,4	2,33	6,7	2,84	8,3	3,50	10,3	4,27	12,7	5,15	15,7	6,20	19,2	7,35
160	6,2	3,05	7,7	3,73	9,5	4,57	11,8	5,60	14,6	6,75	17,9	8,07	21,9	9,58
180	6,9	3,82	8,6	4,69	10,7	5,80	13,3	7,10	16,4	8,55	20,1	10,2	24,6	12,1
200	7,7	4,74	9,6	5,81	11,9	7,15	14,7	8,70	18,2	10,6	22,4	12,65	27,4	15,0
225	8,6	5,95	10,8	7,34	13,4	9,05	16,6	11,0	20,5	13,3	25,2	16,0	30,8	18,95
250	9,6	7,60	11,9	8,98	14,8	11,1	18,4	13,6	22,7	16,4	27,9	19,65	34,2	23,4
280	10,7	9,20	13,4	11,33	16,6	14,0	20,6	17,0	25,4	20,6	31,3	24,7	38,3	29,3
315	-	-	-	-	-	-	23,2	21,6	28,6	26,0	35,2	31,2	43,1	37,1
355	-	-	-	-	-	-	26,1	27,3	32,2	33,0	39,7	39,7	48,5	47,0
400	-	-	-	-	-	-	29,4	34,6	36,3	42,0	44,7	50,3	54,7	59,7
450	-	-	-	-	-	-	33,1	43,9	40,9	53,1	50,3	63,7	61,5	75,6
500	-	-	-	-	-	-	36,8	54,5	45,4	65,5	55,8	78,5	-	-
560	-	-	-	-	-	-	41,2	68,0	50,8	82,5	-	-	-	-
630	-	-	-	-	-	-	46,3	86,0	57,2	104,0	-	-	-	-
710	-	-	-	-	-	-	52,2	109,0	-	-	-	-	-	-
800	-	-	-	-	-	-	58,8	139,0	-	-	-	-	-	-

Propriétés types du matériau

Propriétés types			PE100
Densité	kg/m ³		960
Résistance à la traction	MPa		> 19
Allongement à la rupture	%		> 350
Module d'élasticité court terme	MPa		1100
Coefficient de dilatation linéaire	mm/m°C		0,2
Conductivité thermique	W/m°C		0,4
Résistance minimale requise (MRS)	MPa		10
Contrainte de calcul long terme	MPa		8
Teneur en noir de carbone			> 2,0%
Plage de température			-20°C / +40°C
Durée de vie estimée de la canalisation			100 ans

Force maximale de tirage (daN)						
DN	SDR26	SDR17	SDR13,6	SDR11	SDR9	SDR7,4
75	624	947	1 160	1 384	1 670	1 989
90	904	1 363	1 666	2 002	2 408	2 852
110	1 326	2 037	2 463	2 985	3 587	4 277
125	1 722	2 597	3 180	3 865	4 638	5 507
140	2 169	3 262	3 987	4 825	5 824	6 922
160	2 846	4 267	5 219	6 336	7 591	9 026
180	3 565	5 406	6 617	8 008	9 592	11 409
200	4 419	6 681	8 130	9 875	11 873	14 114
225	5 554	8 462	10 325	12 512	15 027	17 851
250	6 888	10 389	12 718	15 399	18 494	22 027
280	8 600	13 050	15 948	19 300	23 232	27 628
315	10 939	16 537	20 204	24 446	29 394	34 975
355	13 857	21 027	25 620	31 022	37 358	44 366
400	17 567	26 617	32 518	39 402	47 400	56 371
450	22 217	33 731	41 184	49 937	60 003	71 308
500	27 413	41 687	50 873	61 597	73 975	87 238
560	34 400	52 198	63 793	77 201	92 540	109 539
630	43 580	66 146	80 657	97 785	117 139	138 532
710	55 429	83 920	102 480	124 433	148 775	176 074
800	70 266	106 467	130 073	158 001	188 857	223 399

Classe de rigidité :

Classe définissant la rigidité annulaire d'une conduite PEHD
Voir Tableau ci-contre

Classe de rigidité

	CR (kN/m ²)
SDR 7,4	317
SDR 9	162
SDR 11	83
SDR 13,6	33
SDR 17	16

Marquage sur gaine :

Un tube certifié Groupe 5 à la Marque NF114 est fabriqué avec une matière PE100 de façon certaine et possède un marquage gravé à chaud sur le tube avec notamment les codes de traçabilité internationaux ISO du fabricant et de la matière première. L'interprétation de ces codes est disponible sur le site : www.traccoding.com

AVANTAGES

- Résistance à la fissuration
- Insensibilité à la corrosion
- S'adapte aux tracés difficiles
- Faible coefficient de rugosité
- Matériau recyclable préservant l'environnement
- Résistance aux chocs et aux UV
- Résistance à l'abrasion
- Résistance aux mouvements de terrains
- Légèreté facilitant la mise en œuvre
- Grande résistivité électrique

RACCORDEMENT ET MISE EN ŒUVRE

Les gaines **FLEXENERGY NF** peuvent être assemblées par soudage en utilisant la technique de l'électrofusion (le raccord électrosoudable doit être compatible avec le SDR du tube), la technique de soudage bout à bout ou la technique de raccordement par raccord mécanique. Ces techniques de raccordement rendent le réseau autobuté, il ne nécessite pas ainsi de butée béton ou de joints de verrouillage spéciaux aux changements de direction.

Les canalisations **FLEXENERGY NF** doivent être posées avec un enrobage de sable. Elles acceptent des rayures en surface jusqu'à 10% de l'épaisseur maximum. La pose d'un grillage avertisseur rouge est conseillée. Dans tous les cas il conviendra de se rapporter au guide de pose du STRPEPP disponible sur le site www.strpepp.org et à la réglementation en vigueur, le cas échéant.

Retrait et dilatation :

Afin de limiter ces phénomènes, il convient d'effectuer des ondulations avec le tube en fond de fouille.

Rayon de courbure :

La flexibilité du PE100 autorise le cintrage du tube. Lors des changements de direction veuillez respecter les rayons de courbure minimum selon le tableau ci-contre.

Rayon de courbure		
	20°C	0°C
SDR 7,4	20 DN	40 DN
SDR 9	20 DN	40 DN
SDR 11	20 DN	40 DN
SDR 13,6	25 DN	50 DN
SDR 17	25 DN	50 DN

LEXIQUE

DN (Diamètre Nominal) : C'est le diamètre extérieur du tube PEHD. Le choix du DN dépend de la vitesse du fluide, du débit et des pertes de charge.

SDR (Standard Dimension Ratio) : Le rapport dimensionnel standardisé est un nombre arrondi qui exprime le rapport du diamètre nominal à l'épaisseur nominale ($SDR = DN/Ep$).

La responsabilité du Groupe ELYDAN ne pourrait être engagée en cas d'utilisation différente du produit et en cas de non-respect des conditions de pose.

DESCRIPTIF

Les gaines **FLEXENERGY HT** sont des gaines en polyéthylène haute densité PE100-HT (Haute Température) de couleur noire avec une double bande de repérage rouge.



DOMAINES D'APPLICATION

Les gaines **FLEXENERGY HT** sont destinées aux applications de protection et de confinement des réseaux électriques aériens et enterrés lorsque la gaine peut être soumise à des températures en continue jusqu'à 70°C.

NORMES ET CERTIFICATIONS

- Norme NF EN 12 201 Tube certifié à la Marque NF114 Groupe 5 – Codes UP, WN et MP
- Règlement de la Marque NF114 Groupe 5



GAMME ET CONDITIONNEMENT

BARRE

Tout SDR

DN75 : Barre de 6m

DN90 au DN800 : Barre de 6m et 12m

TOURET

SDR 17 - 13,6 – 11 – 9 – 7,4

DN40 à DN180 : Touret de 250m à 2000m selon DN et SDR

- Pour des DN supérieurs ou égaux à DN90 : Longueur en barre supérieure à 12m disponible sur demande.
- La tolérance sur la longueur des tubes, mesurée à 20 (-/+ 5)°C est de +/- 1% quel que soit le conditionnement (couronne, touret ou barre).

CARACTERISTIQUES TECHNIQUES

Caractéristiques dimensionnelles

	SDR26 – PN6 PE100 HT		SDR21 – PN8 PE100 HT		SDR17 – PN10 PE100 HT		SDR13,6 – PN12,5 PE100 HT		SDR11 – PN16 PE100 HT		SDR9 – PN20 PE100 HT		SDR7,4 – PN25 PE100 HT	
DN (mm)	Ep. (mm)	Poids (kg/m)	Ep. (mm)	Poids (kg/m)	Ep. (mm)	Poids (kg/m)	Ep. (mm)	Poids (kg/m)	Ep. (mm)	Poids (kg/m)	Ep. (mm)	Poids (kg/m)	Ep. (mm)	Poids (kg/m)
40	-	-	-	-	-	-	-	-	3,7	0,431	-	-	-	-
50	-	-	-	-	-	-	-	-	4,6	0,670	-	-	-	-
63	-	-	-	-	-	-	-	-	5,8	1,06	-	-	-	-
75	-	-	-	-	-	-	5,6	1,25	6,8	1,48	-	-	-	-
90	3,5	0,970	4,3	1,18	5,4	1,48	6,7	1,77	8,2	2,15	10,1	2,57	12,3	3,04
110	4,2	1,43	5,3	1,78	6,6	2,19	8,1	2,65	10	3,19	12,3	3,82	15,1	4,55
125	4,8	1,84	6,0	2,27	7,4	2,79	9,2	3,41	11,4	4,13	14,0	4,94	17,1	5,83
140	5,4	2,33	6,7	2,84	8,3	3,50	10,3	4,27	12,7	5,15	15,7	6,20	19,2	7,35
160	6,2	3,05	7,7	3,73	9,5	4,57	11,8	5,60	14,6	6,75	17,9	8,07	21,9	9,58
180	6,9	3,82	8,6	4,69	10,7	5,80	13,3	7,10	16,4	8,55	20,1	10,2	24,6	12,1
200	7,7	4,74	9,6	5,81	11,9	7,15	14,7	8,70	18,2	10,6	22,4	12,65	27,4	15,0
225	8,6	5,95	10,8	7,34	13,4	9,05	16,6	11,0	20,5	13,3	25,2	16,0	30,8	18,95
250	9,6	7,60	11,9	8,98	14,8	11,1	18,4	13,6	22,7	16,4	27,9	19,65	34,2	23,4
280	10,7	9,20	13,4	11,33	16,6	14,0	20,6	17,0	25,4	20,6	31,3	24,7	38,3	29,3
315	-	-	-	-	-	-	23,2	21,6	28,6	26,0	35,2	31,2	43,1	37,1
355	-	-	-	-	-	-	26,1	27,3	32,2	33,0	39,7	39,7	48,5	47,0
400	-	-	-	-	-	-	29,4	34,6	36,3	42,0	44,7	50,3	54,7	59,7
450	-	-	-	-	-	-	33,1	43,9	40,9	53,1	50,3	63,7	61,5	75,6
500	-	-	-	-	-	-	36,8	54,5	45,4	65,5	55,8	78,5	-	-
560	-	-	-	-	-	-	41,2	68,0	50,8	82,5	-	-	-	-
630	-	-	-	-	-	-	46,3	86,0	57,2	104,0	-	-	-	-
710	-	-	-	-	-	-	52,2	109,0	-	-	-	-	-	-
800	-	-	-	-	-	-	58,8	139,0	-	-	-	-	-	-

Propriétés types du matériau

Propriétés types		PE100-HT
Densité	kg/m ³	960
Résistance à la traction	MPa	> 19
Allongement à la rupture	%	> 350
Module d'élasticité court terme	MPa	1100
Coefficient de dilatation linéaire	mm/m°C	0,2
Conductivité thermique	W/m°C	0,4
Résistance minimale requise (MRS)	MPa	10
Contrainte de calcul long terme	MPa	8
Teneur en noir de carbone		> 2,0%
Plage de température		-20°C / +70°C
Test de vieillissement en température à 110°C – 18 mois		Elongation résiduelle > 25%
Durée de vie estimée de la canalisation		> 50 ans

Force maximale de tirage (daN)						
DN	SDR26	SDR17	SDR13,6	SDR11	SDR9	SDR7,4
75	624	947	1 160	1 384	1 670	1 989
90	904	1 363	1 666	2 002	2 408	2 852
110	1 326	2 037	2 463	2 985	3 587	4 277
125	1 722	2 597	3 180	3 865	4 638	5 507
140	2 169	3 262	3 987	4 825	5 824	6 922
160	2 846	4 267	5 219	6 336	7 591	9 026
180	3 565	5 406	6 617	8 008	9 592	11 409
200	4 419	6 681	8 130	9 875	11 873	14 114
225	5 554	8 462	10 325	12 512	15 027	17 851
250	6 888	10 389	12 718	15 399	18 494	22 027
280	8 600	13 050	15 948	19 300	23 232	27 628
315	10 939	16 537	20 204	24 446	29 394	34 975
355	13 857	21 027	25 620	31 022	37 358	44 366
400	17 567	26 617	32 518	39 402	47 400	56 371
450	22 217	33 731	41 184	49 937	60 003	71 308
500	27 413	41 687	50 873	61 597	73 975	87 238
560	34 400	52 198	63 793	77 201	92 540	109 539
630	43 580	66 146	80 657	97 785	117 139	138 532
710	55 429	83 920	102 480	124 433	148 775	176 074
800	70 266	106 467	130 073	158 001	188 857	223 399

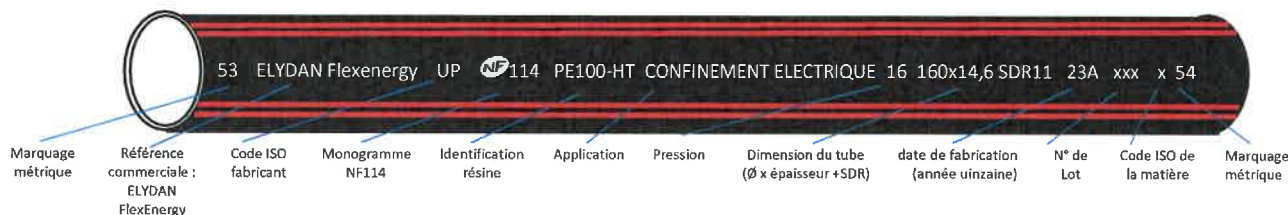
Classe de rigidité :

 Classe définissant la rigidité annulaire d'une conduite PEHD
 Voir Tableau ci-contre

Classe de rigidité à 20°C

CR (kN/m ²)	
SDR 7,4	317
SDR 9	162
SDR 11	83
SDR 13,6	33
SDR 17	16

Marquage sur gaine :



Une gaine destinée à être soumise à des températures en continue jusqu'à 70°C tube et certifiée Groupe 5 à la Marque NF114 est fabriquée avec une matière PE100-HT de façon certaine. Elle possède un marquage gravé à chaud sur la gaine avec notamment les codes de traçabilité internationaux ISO du fabricant et de la matière première. L'interprétation de ces codes est disponible sur le site : www.traccoding.com

AVANTAGES

- Résistance à la fissuration
- Insensibilité à la corrosion
- S'adapte aux tracés difficiles
- Résistance à la température
- Matériau recyclable préservant l'environnement
- Résistance aux chocs et aux UV
- Résistance à l'abrasion
- Résistance aux mouvements de terrains
- Légèreté facilitant la mise en œuvre
- Grande résistivité électrique

RACCORDEMENT ET MISE EN ŒUVRE

Les gaines **FLEXENERGY HT** peuvent être assemblées par soudage en utilisant la technique de l'électrofusion (le raccord électrosoudable doit être compatible avec le SDR du tube), la technique de soudage bout à bout ou la technique de raccordement par raccord mécanique. Ces techniques de raccordement rendent le réseau autobuté, il ne nécessite pas ainsi de butée béton ou de joints de verrouillage spéciaux aux changements de direction.

Les canalisations **FLEXENERGY HT** doivent être posées avec un enrobage de sable. Elles acceptent des rayures en surface jusqu'à 10% de l'épaisseur maximum. La pose d'un grillage avertisseur rouge est conseillée.

Dans tous les cas il conviendra de se rapporter au guide de pose du STRPEPP disponible sur le site www.strpepp.org et à la réglementation en vigueur, le cas échéant.

Retrait et dilatation :

Afin de limiter ces phénomènes, il convient d'effectuer des ondulations avec le tube en fond de fouille.

Rayon de courbure :

La flexibilité du PE100 autorise le cintrage du tube. Lors des changements de direction veuillez respecter les rayons de courbure minimum selon le tableau ci-contre.

Rayon de courbure		
	20°C	0°C
SDR 7,4	20 DN	40 DN
SDR 9	20 DN	40 DN
SDR 11	20 DN	40 DN
SDR 13,6	25 DN	50 DN
SDR 17	25 DN	50 DN

LEXIQUE

PN (Pression Nominale) : C'est la valeur constante de la pression en bars maintenue dans une canalisation sur une durée de plus de 100 ans à une température de 20°C.

DN (Diamètre Nominal) : C'est le diamètre extérieur du tube PEHD. Le choix du DN dépend de la vitesse du fluide, du débit et des pertes de charge.

SDR (Standard Dimension Ratio) : Le rapport dimensionnel standardisé est un nombre arrondi qui exprime le rapport du diamètre nominal à l'épaisseur nominale (SDR=DN/Ep.).

La responsabilité du Groupe ELYDAN ne pourrait être engagée en cas d'utilisation différente du produit et en cas de non-respect des conditions de pose.

RACCORDS NF 136-ELEC - ENFOUISSEMENT ÉLECTRIQUE

Manchon LIGHTFIT - 38014

Domaines d'application

Raccords électrosoudables en polyéthylène (PE) pour les systèmes de canalisations destinées au passage de câbles électriques et à leurs assemblages, avec des composants en PE.

Caractéristiques techniques

Matière

PEHD.

Certification

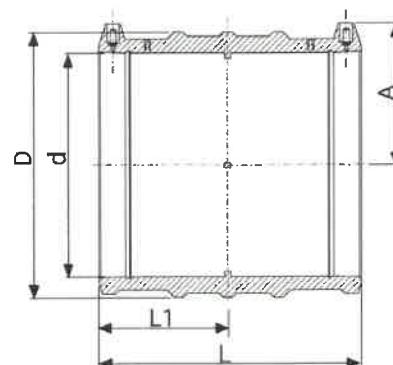
Marque NF 136-ELEC



**PN
10**

Tableau des dimensions

Référence	d	L	D	A	L1	Pour tubes SDR	PN à 20°C
38014110	110	163	131	79	80	11 à 26	10
38014140	140	182	167	94	89	11 à 33	10
38014160	160	198	193	104	97	11 à 33	10
38014180	180	212	215	114	104	11 à 33	10
38014200	200	232	235	127	114	11 à 33	10
38014225	225	240	264	141	118	11 à 33	10
38014250	250	256	293	155	126	11 à 33	10



Données logistiques

Référence	Pièce				Carton				
	L	l	h	Poids(kg)	L	l	h	Qté	Poids(kg)
38014110	165	145	135	0,57	570	490	330	25	15,65
38014140	185	180	170	0,97	570	490	330	12	13,04
38014160	200	205	195	1,39	570	490	330	6	9,74
38014180	215	225	215	1,74	570	490	330	5	10,1
38014200	235	245	235	2,05	570	490	330	4	9,6
38014225	240	275	265	2,75	570	490	330	4	12,4
38014250	260	305	295	3,728	570	490	330	2	8,86

RACCORDS NF 136-ELEC - ENFOUISSEMENT ÉLECTRIQUE

Manchon - 48014

Domaines d'application

Raccords électrosoudables en polyéthylène (PE) pour les systèmes de canalisations destinées au passage de câbles électriques et à leurs assemblages, avec des composants en PE.

Caractéristiques techniques

Matière

PEHD.

Certification

Marque NF 136-ELEC



Diamètres 40 à 63 mm

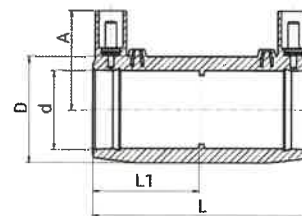


Diamètres 90 à 200 mm

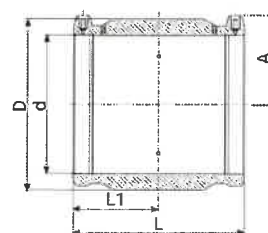
**PN
16**

Tableau des dimensions

Référence	d	L	D	A	L1	Pour tubes SDR	PN à 20°C
48014040	40	97	56	46	47	7,4 à 11	16
48014050	50	101	67	51	49	7,4 à 11	16
48014063	63	118	82	56	58	11 à 17,6	16
48014090	90	148	112	71	73	7,4 à 17,6	16
48014110	110	163	135	81	80	7,4 à 17,6	16
48014125	125	173	157	87	85	7,4 à 17,6	16
48014160	160	195	194	105	93	7,4 à 17,6	16
48014200	200	223	242	126	109	7,4 à 17,6	16



Diamètres 40 à 63 mm



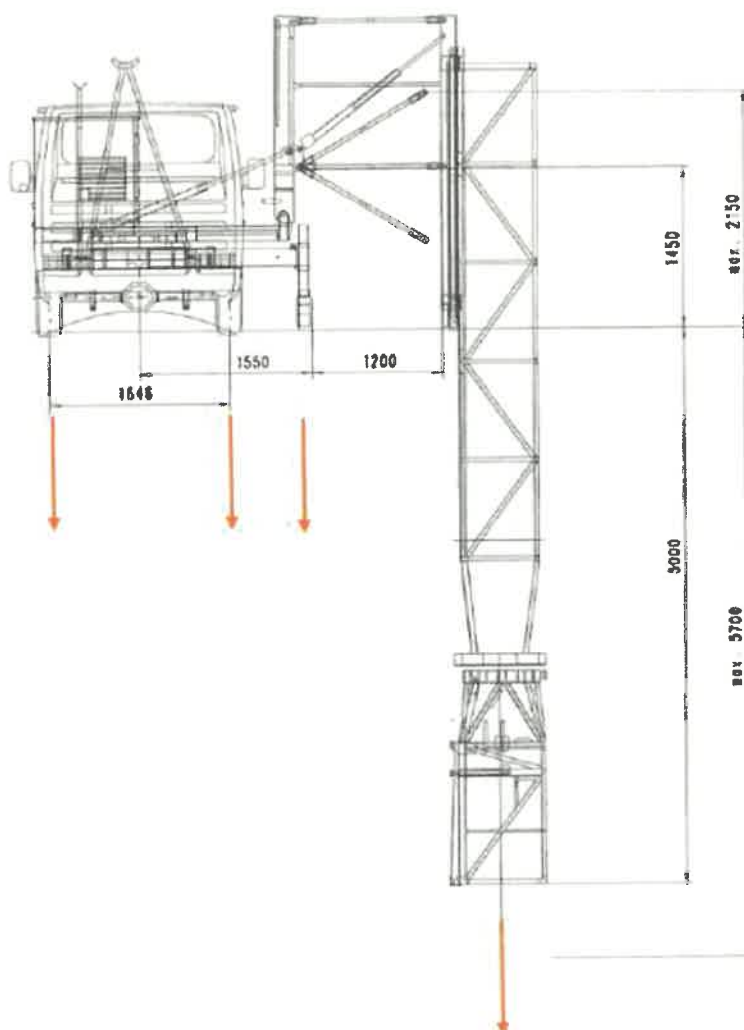
Diamètres 90 à 200 mm

Données logistiques

Référence	Pièce				Carton				
	L	l	h	Poids(kg)	L	l	h	Qté	Poids(kg)
48014040	100	75	60	0,11	570	490	330	200	23,4
48014050	105	85	70	0,161	570	490	330	125	21,53
48014063	120	100	85	0,239	570	490	330	72	18,61
48014090	150	130	115	0,48	570	490	330	38	19,64
48014110	165	150	135	0,72	570	490	330	23	17,96

Référence	Pièce				Carton				
	L	I	h	Poids(kg)	L	I	h	Qté	Poids(kg)
48014125	175	170	160	1,09	570	490	330	18	21,02
48014160	195	205	195	1,56	570	490	330	6	10,76
48014200	225	250	245	2,79	570	490	330	4	12,56

NACELLE MOOG MBI 70 VERIFICATION DE LA CHARGE SOUS LA ROUE PANIER SUR TROTTOIRS



1. Données générales

- Longueur totale entre charges 4m
- Appuis : A (0 m) roue camion extérieur, B (1.65 m) roue camion intérieur, C (2.35 m) roue panier
- Porte-à-faux : panier de 2.35 m à 4.00 m (longueur 1.65 m)

2. Charges appliquées

- Charge répartie : 3 tonnes entre A et C

- Charge linéique équivalente : $q = 3 / 2.35 = 1.277 \text{ t/m}$

- Charge ponctuelle : 1 tonne appliquée en $x = 4 \text{ m}$ (extrémité du porte-à-faux) (Fut nacelle + charge utilisation 600kg+400kg)

3. Schéma simplifié



4. Détermination détaillée des réactions

Étape 1 – Charge répartie :

Moment total de la charge répartie (3 t) autour de A :

$$M_q = q * L_q * (L_q/2) = 1.277 * 2.35 * 1.175 \approx 3.53 \text{ t}\cdot\text{m}$$

Étape 2 – Influence du porte-à-faux :

Moment de la charge ponctuelle au droit de l'appui C :

$$M_P = 1 \text{ t} * 1.65 \text{ m} = 1.65 \text{ t}\cdot\text{m} \text{ (moment déstabilisant négatif)}$$

Étape 3 – Résolution hyperstatique :

Méthode utilisée : équation des 3 moments (travées AB et BC).

El constant la continuité des rotations permet :

- augmentation de R_B (appui central)
- diminution de R_C (effet du porte-à-faux)
- redistribution partielle vers R_A

5. Résultats des réactions

Réaction A = 1.52 tonne

Réaction B = 1.81 tonne

Réaction C = 0.67 tonne

Total = $1.52 + 1.81 + 0.67 = 4.00 \text{ tonnes}$ ✓

6. Conclusion

La charge maximum sous la roue Panier est de 670kg.

La note de vérification de Sixense de l'encorbellement (A25 14121 BEI 1 ind B du 27/10/25 à permis de vérifier l'encorbellement avec

- Charges uniformes de piétons (gr3) : $q_{fk} = 5 \text{ kN/m}^2$
- Charge concentrée : 10 kN répartie sur un carrée de 0,1m de coté au plus proche du garde-corps

Compte tenu de l'utilisation de plaque de répartition 2m x 0.5m ep 20mm, compte tenu que la charge de la roue panier est positionnée entre 60 et 80 cm du garde-corps.

La charge apportée par la nacelle sur l'encorbellement est inférieure aux charges qui ont permis de vérifier l'encorbellement.

L'encorbellement est justifié.

Nous positionnerons la nacelle selon l'implantation ci-dessous

Ce positionnement sollicite faiblement l'encorbellement

