



**MINISTÈRE
CHARGÉ
DES TRANSPORTS**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

**Direction interdépartementale des routes
Sud-Ouest
SIMO/DOAG**

Pont du Roy – RN 125 Investigations sur la précontrainte

Cahier des clauses techniques particulières

Février 2026



Historique des versions du document

Version	Date	Commentaire
V0	01/02/26	V4 Cerema
V1	01/02/26	V1 Dirso

Affaire suivie par

Romain GENISSEL - Division Ouvrages d'Art et Géotechnique
Tél. : 0628951374
Courriel : <i>Prénom. romain.genissel@developpement-durable.gouv.fr</i>

Rédacteur

Romain GENISSEL - SIMO/DOAG

Fanny STERN - CEREMA DTer SO

Rellecteur

Jean-Pierre BRETON - CEREMA DTer SO

SOMMAIRE

1 - DISPOSITIONS GÉNÉRALES.....	4
1.1 - Objet de la consultation.....	4
1.2 - Documents de référence.....	4
1.3 - Consistance de la mission.....	4
1.4 - Description de l'ouvrage.....	5
1.4.1 - Présentation de l'ouvrage.....	5
1.4.2 - Gaines de précontrainte.....	5
2 - DÉFINITION DES PRESTATIONS.....	7
2.1 - Généralités.....	7
2.1.1 - Prestations.....	7
2.1.2 - Phasage.....	7
2.2 - Ouverture et fermeture de fenêtres dans le béton.....	8
2.2.1 - Implantation des fenêtres, repérage des aciers et ouverture des fenêtres.....	8
2.2.2 - Fermeture des fenêtres.....	8
2.3 - Ouverture et fermeture des gaines de précontrainte.....	8
2.3.1 - Ouverture des gaines.....	8
2.3.2 - Fermeture des gaines.....	9
2.4 - Mesures de tension à l'arbalète.....	9
2.5 - Prélèvement de coulis et analyse chimique.....	9
2.6 - Prélèvement de liquide et analyse chimique.....	10
2.7 - Vidéo-endoscopie.....	10
2.8 - Rapport.....	10
3 - MODALITÉS D'INTERVENTION.....	11
3.1 - Conditions d'intervention.....	11
3.2 - Composition de l'équipe d'inspection.....	11

1 - Dispositions générales

1.1 - Objet de la consultation

Les prestations faisant l'objet de la présente consultation concernent la réalisation d'investigations sur le pont du Roy situé à la frontière espagnole.

La mission comprend :

- ▶ la préparation de l'intervention : reconnaissance préalable de l'ouvrage, analyse du dossier d'ouvrage, demande d'autorisations d'intervention,... ;
- ▶ une réunion de lancement et une réunion de restitution ;
- ▶ la réalisation de l'ensemble des prestations décrites dans le document, y compris fourniture des équipements et matériels nécessaires à leur réalisation ;
- ▶ la rédaction et la diffusion des livrables selon formats, contenus et niveaux de détails indiqués dans le document.

1.2 - Documents de référence

Pour la réalisation des prestations décrites au chapitre 2, le titulaire s'appuiera sur :

- ▶ NF P95-101 : Ouvrages d'art - Réparation et renforcement des ouvrages en béton et en maçonnerie - Reprise du béton dégradé superficiellement - Spécifications relatives à la technique et aux matériaux utilisés
- ▶ NF EN 1504-3 : Produits et systèmes pour la protection et la réparation des structures en béton - Définitions, exigences, maîtrise de la qualité et évaluation de la conformité - Partie 3 : réparation structurale et réparation non structurale
- ▶ NF A 09-202 : Essais non destructifs – Principes généraux de l'examen radiographique, à l'aide de rayons X et gamma, des matériaux béton, béton armé et béton précontraint
- ▶ Guide méthodologique de surveillance et d'auscultation des VIPP, LCPC, Octobre 2001
- ▶ le guide technique du LCPC « *Mesure de la tension des armatures de précontrainte à l'aide de l'arbalète* », novembre 2009
- ▶ les méthodes et procédures des cahiers interactifs de l'IFSTTAR, et notamment :
 - ▶ Fiche A1-9 : Ouverture / Fermeture d'une fenêtre dans le béton
 - ▶ Fiche A2-3 : Prélèvement d'armatures en acier
 - ▶ Fiche B5-1 : Gammagraphie – Radiographie - Radioscopie
 - ▶ Fiche B5-9 : Ouverture / Fermeture de fenêtre dans un conduit en PEHD de câble de précontrainte extérieure
 - ▶ Fiche C1-5 : Endoscopie – Application à la recherche de zones corrodées dans les conduits de précontrainte
 - ▶ Fiche C4-3 : Mesure de la tension des câbles et armatures de précontrainte au moyen de l'arbalète

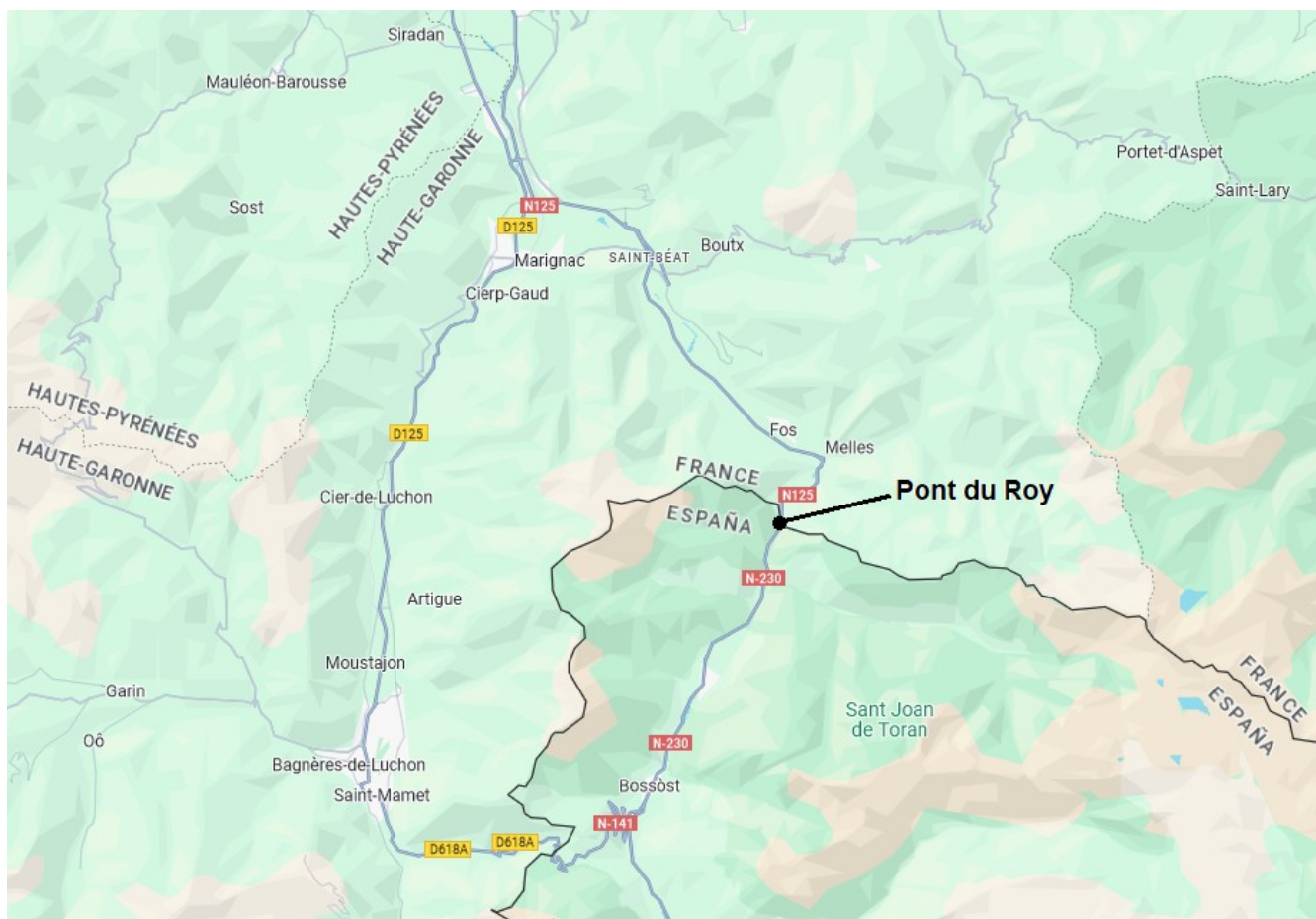
1.3 - Consistance de la mission

La mission consiste en la réalisation d'investigations sur les câbles de précontraintes (mesures de la tension résiduelle, essais chimiques sur les coulis, détection de défauts). Le titulaire a en charge l'ensemble des prestations décrites au chapitre 2 ainsi que le pilotage et la coordination de la mission et notamment la gestion des interactions avec les contraintes d'exploitation en lien avec le service gestionnaire du maître d'ouvrage.

1.4 - Description de l'ouvrage

1.4.1 - Présentation de l'ouvrage

L'ouvrage à investiguer est le pont du Roy. Il se situe à la frontière espagnole sur la RN 125.



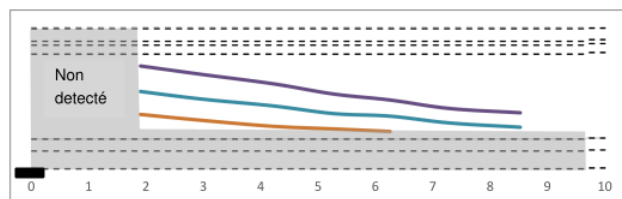
Localisation du pont du Roy (source : google maps)

L'ouvrage est un VIPP construit entre 1972 et 1977 (la date de construction exacte est inconnue). Il comporte une travée unique de 39m de portée et de 14m de large et présente un biais de 50 grades. Il est composé de 8 poutres précontraintes d'environ 1m50 de haut. L'entraxe entre poutres est d'1m80.

Les archives de construction de l'ouvrage ne sont pas disponibles. Un levé topographique de l'ouvrage a été menée en 2024 afin d'en établir les plans. Un diagnostic pathologique a été réalisé en 2024 principalement orienté sur le béton. Des repérages ont aussi été effectués sur le tracé des gaines de précontrainte.

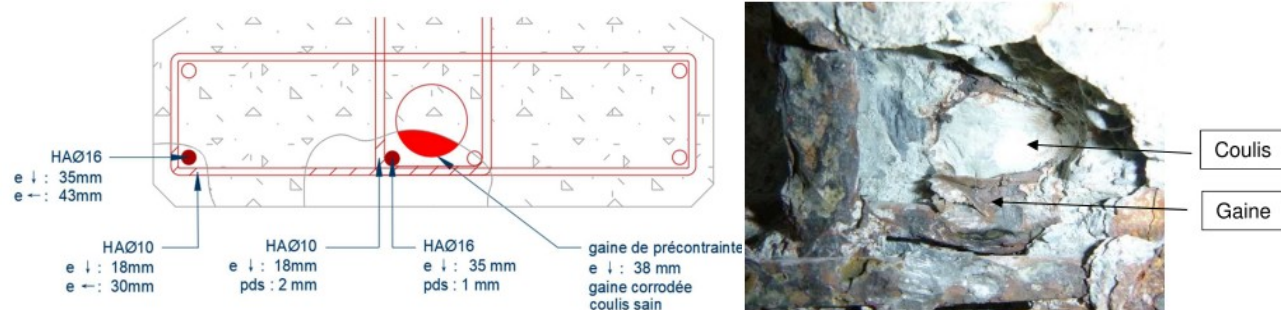
1.4.2 - Gainnes de précontrainte

Les investigations menées en 2024 ont permis d'identifier 3 gainnes de précontrainte dans les âmes des poutres par détection au radar haute fréquence.



Résultats de la détection au radar haute fréquence poutre P3 (source : Diagnostic pathologique – Ginger - 2024)

Par ailleurs, les sondages de reconnaissance des aciers passifs et de mesure de la carbonatation dans les talons de poutres ont mis en évidence la présence d'une gaine de précontrainte dans l'un des talons.



Résultats sondage de reconnaissance des aciers passifs talon poutre P5 (source : Diagnostic pathologique – Ginger - 2024)

Selon ces résultats complétés par une campagne radar complémentaire, la société GINGER en charge de ces investigations a pu vérifier la présence de 4 gaines de précontrainte, localisées dans l'âme des poutres et réparties de la manière suivante :

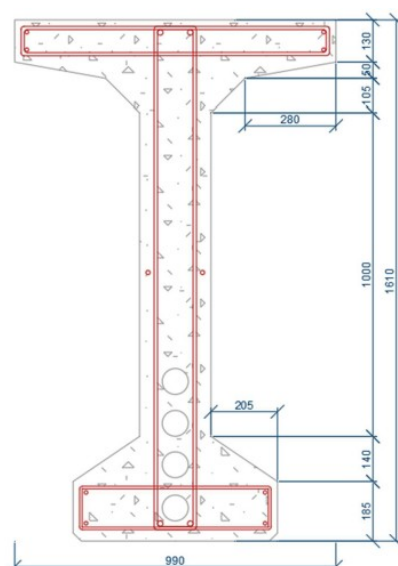


Schéma de principe de positionnement des gaines de précontrainte (source : Diagnostic pathologique – Ginger - 2024)

2 - Définition des prestations

2.1 - Généralités

2.1.1 - Prestations

Le pont du Roy doit faire l'objet de réparation. En l'absence d'archives, il est nécessaire de disposer de données fiables, qualitatives et quantitatives. Des investigations ont déjà été menées. La précontrainte étant le principal facteur de sécurité de l'ouvrage, il est nécessaire de compléter ces premières investigations en réalisant :

- des mesures de la tension résiduelle des câbles de précontrainte (essais à l'arbalète),
- des investigations sur les câbles de précontrainte (gammagraphie + prélèvements en option),
- des investigations sur le remplissage des gaines avec détection de défauts et essais chimiques sur les coulis (prélèvements et gammagraphie + vidéo-endoscopie).

Les prestations à réaliser comprennent :

- La ou les visite(s) de l'ouvrage nécessaire(s) à la réalisation de l'ensemble des investigations décrites ci-après.
- Les moyens d'accès et les matériels nécessaires pour réaliser l'ensemble des prestations.
- L'ensemble des investigations et essais en laboratoire, y compris exploitation des résultats.
- La prise de clichés photographiques à raison d'au moins 1 photo par phase et par fenêtre.
- Le tri, stockage temporaire, évacuation et mise en décharge de tous les déchets et gravats occasionnés durant l'intervention.
- La production d'un rapport détaillé de l'inspection (rapport, plans, photos) en un exemplaire numérique dont le cadre est précisé dans la suite.

2.1.2 - Phasage

Les prestations seront réalisées ainsi :

- Implantation des fenêtres, repérage des aciers et ouverture des fenêtres.
- Ouverture et fermeture des gaines de précontrainte
- Prélèvement de coulis et analyse chimique
- Prélèvement de liquide et analyse chimique (si présence de liquide à l'ouverture de la gaine)
- Mesure de tension à l'arbalète
- Vidéo-endoscopie (si présence d'un vide conséquent)
- Fermeture de fenêtres dans le béton
- Rapport intermédiaire

2.2 - Ouverture et fermeture de fenêtres dans le béton

2.2.1 - Implantation des fenêtres, repérage des aciers et ouverture des fenêtres

Afin de pouvoir accéder aux gaines de précontrainte et effectuer des mesures à l'arbalète et divers prélèvements (coulis et éventuellement liquide), des fenêtres doivent être ouvertes dans les poutres. Il est prévu la réalisation de 4 fenêtres à mi-travée des poutres P1, P3, P5 et P8.

Les positionnements et les dimensions des fenêtres pourront faire l'objet d'adaptation en fonction des contraintes in-situ, de la localisation des aciers passifs et des besoins des investigations à réaliser. Le cas échéant, ces modifications devront être validées en concertation avec la DIRSO avant toute exécution. Chaque fenêtre est repérée par un numéro d'ordre et devra être positionnée sur plan à l'issue des prestations.

La prestation comprend :

- ▶ Un repérage précis des armatures passives et actives à l'aide de mesures non destructives (radar, pachomètre, ferroskan, ...) au droit des fenêtres à réaliser. Les fenêtres et les armatures passives seront tracées à la craie sur les poutres.
- ▶ La démolition du béton aux emplacements prédéfinis à l'aide d'un petit marteau-piqueur en prenant soin d'éliminer progressivement le béton dans l'emprise de la fenêtre, de dégager soigneusement les armatures passives éventuellement rencontrée en préservant les aciers et de dégager les conduits de précontrainte jusqu'à mi-diamètre en préservant leur intégrité.

2.2.2 - Fermeture des fenêtres

La fermeture des fenêtres interviendra au plus tôt après réalisation de l'ensemble des investigations prévues dans cette fenêtre. La prestation comprend :

- ▶ le nettoyage préparatoire,
- ▶ le rebouchage soigné des fenêtres à l'aide d'un mortier de réparation à base de liant hydraulique adapté : CEM I - classe R4 au sens de la norme NF EN 1504-3.

2.3 - Ouverture et fermeture des gaines de précontrainte

2.3.1 - Ouverture des gaines

La prestation comprend :

- ▶ L'ouverture de la gaine à l'aide d'un ciseau à métal équipé d'un gabarit de profondeur. Le titulaire devra impérativement pouvoir s'assurer de ne pas toucher les câbles de précontrainte lors de l'ouverture.
- ▶ Le prélèvement avec soin du coulis d'injection et du liquide qui sera éventuellement présent lors de l'ouverture à des fins de caractérisation en laboratoire.
- ▶ La suppression soignée du coulis autour des câbles en vue de la réalisation des essais.
- ▶ L'identification et la vérification du type de gaine de précontrainte ainsi que du type de câbles mis en œuvre.
- ▶ L'application d'une protection provisoire sur la gaine de type film huileux pour prévenir l'apparition de la corrosion durant toute sa période de mise à nu.

2.3.2 - Fermeture des gaines

La fermeture des gaines interviendra au plus tôt après réalisation de l'ensemble des investigations prévues dans cette fenêtre. La prestation comprend :

- ▶ le nettoyage du conduit,
- ▶ badigeonner les aciers avec une barbotine du produit de réparation qui présente un pH proche de celui du coulis en place avant les essais,
- ▶ l'application d'une couche de mortier sur les armatures en remplacement du coulis retiré,
- ▶ la reconstitution de la gaine en repliant la découpe et en la maintenant par un adhésif adapté en attendant le rebouchage de la fenêtre.

2.4 - Mesures de tension à l'arbalète

Des essais à l'arbalète seront réalisés afin de mesurer les tensions dans les armatures actives et évaluer la précontrainte résiduelle de l'ouvrage. Les plans de l'ouvrage indiquent que les câbles de précontrainte sont constitués de fils de 7 mm. Ce type de technologie laisse à penser que les torons ne sont pas torsadés. Le matériel sera donc choisi pour tenir compte de cette particularité. Si plusieurs matériels existent, il sera également choisi dans l'objectif de minimiser les dimensions des fenêtres à ouvrir tout en ayant la meilleure précision possible.

Une mesure à l'arbalète sera réalisée dans toutes les fenêtres ouvertes.

2.5 - Prélèvement de coulis et analyse chimique

Les prélèvements seront effectués sur le coulis des gaines de précontrainte intérieure dès que possible à l'issue de leur ouverture. La prestation comprend :

- ▶ le prélèvement d'une quantité suffisante de coulis (à définir en concertation avec le laboratoire d'analyse),
- ▶ la réalisation des analyses suivantes :
 - ▶ bilan en alcalins,
 - ▶ teneur en chlorures et en sulfates
 - ▶ dosage des constituants principaux
 - ▶ vérification de l'utilisation d'adjuvant expansif avec poudre d'aluminium et/ou de ciment de laitier
- ▶ la fourniture des résultats, y compris leur interprétation, notamment quant à la possibilité de corrosion des câbles.

2.6 - Prélèvement de liquide et analyse chimique

Dans le cas où du liquide est présent à l'ouverture des gaines, ce dernier devra être prélevé, dès que possible à l'issue de l'ouverture, à des fins d'analyse. La prestation comprend :

- ▶ le prélèvement d'une quantité suffisante de liquide (à définir en concertation avec le laboratoire d'analyse),
- ▶ la réalisation des analyses suivantes :
 - ▶ Détermination du pH,
 - ▶ bilan en alcalins (Na, Ca et K),
 - ▶ dosage des agents corrosifs (Cl^- , SO_4^{2-}).
- ▶ la fourniture des résultats, y compris leur interprétation, notamment quant à la possibilité de corrosion des câbles.

2.7 - Vidéo-endoscopie

Si, au gré de l'ouverture des gaines, celles-ci présentent des vides (défaut d'injection) permettant le passage du vidéo-endoscope, le prestataire réalisera un examen de type vidéo-endoscopie à l'intérieur de la gaine. Cet examen devra permettre de :

- ▶ caractériser au mieux l'état d'altération des câbles de précontrainte intérieure,
- ▶ quantifier les éventuels ruptures de fils,
- ▶ déterminer les origines de la corrosion,
- ▶ déterminer le nombre de fils résiduels et leur section.

2.8 - Rapport

Les prestations décrites ci-dessus sont réputées comprendre un rapport à l'avancement des constatations et mesures effectuées in situ avec, à l'appui, des photographies permettant de comprendre l'avancement.

Un rapport de synthèse sera fourni à la fin des prestations, il comprendra notamment :

- ▶ Un procès-verbal d'inspection détaillant :
 - ▶ l'identification et les caractéristiques générales de l'ouvrage,
 - ▶ les constatations et mesures effectuées in situ,
 - ▶ un rapport d'analyse pour chaque essai effectué en laboratoire et in situ ainsi que les résultats obtenus. L'incidence des résultats des différents essais sur la vie de l'ouvrage devra être commentée. Les rapports complets relatifs à chaque essai seront fournis en annexe.
 - ▶ une synthèse des constats et essais présentant notamment une interprétation croisée et critique des résultats.
- ▶ Des clichés photographiques pour chaque phase de chaque intervention, y compris photo de chaque fenêtre avant et après rebouchage.
- ▶ Un jeu de plans permettant de localiser les investigations réalisées et les clichés photographiques.

Le titulaire doit remettre la version complète du rapport sous format imprimable PDF et sous formats modifiables. Les formats utilisés par le titulaire devront être compatibles avec les formats utilisés par le maître d'ouvrage, à savoir :

- ▶ DOCX pour les documents écrits ;
- ▶ DWG (autocad version 2018) pour les plans ;
- ▶ JPEG pour les photographies.

Le titulaire fournira également les fichiers source des auscultations radar dans leur format natif.

Les délais maximums de fourniture des documents sont de un mois après la fin de la visite d'inspection in-situ. Le rapport pourra faire l'objet d'une note d'observations de la part de la DIRSO. Après reprises et corrections éventuelles, le rapport définitif sera envoyé dans un délai de 15 jours à la suite de la réception de la note d'observations.

3 - Modalités d'intervention

3.1 - Conditions d'intervention

Le matériel nécessaire au bon déroulement de l'ensemble des prestations est à la charge du titulaire, et notamment, sans que cela soit exhaustif :

- ▶ Les moyens d'accès permettant la réalisation des prestations en toute sécurité, et notamment la nacelle négative,
- ▶ Le matériel nécessaire à la réalisation des investigations.

En outre, le titulaire a la charge de la mise en place d'une signalisation de chantier fixe ou mobile avec alternat par hommes/trafic (piquets K10) ou d'une signalisation plus légère (alternats par feux, K8, régime de priorité) en fonction des prescriptions du MOE.

3.2 - Composition de l'équipe d'inspection

Les prestations devront être réalisées, in-situ, par deux personnes minimum. En aucun cas, cette opération ne peut être menée par une personne seule.

L'ensemble de l'équipe est dirigée par une personne ayant au moins 5 ans d'expérience en investigation d'ouvrages d'art et ayant obligatoirement reçu une formation spécialisée en ouvrages d'art et en pathologie.

Le candidat fournit à l'appui de son offre :

- ▶ une note méthodologique de 3 pages A4 maximum, explicitant l'organisation de la mission : les membres de l'équipes (personnels, laboratoire d'analyses, éventuelle sous-traitance...) et les tâches qui leur seront affectées, le type de nacelle utilisée et son encombrement, le délai de réalisation des prestations et les mesures de sécurité des interventions in situ.
- ▶ les CV et les références de la personne qui dirigera l'inspection et des inspecteurs.