

Université du Québec  
Institut National de la Recherche Scientifique  
Centre Eau Terre Environnement

**RELEVÉ DE LA GÉOMÉTRIE DE 25 PONTS**  
*MRC VAUDREUIL-SOULANGES ET ARGENTEUIL*

Etienne Foulon  
Cyrine Ben Hassine  
Alexandre Borduas  
Alain N. Rousseau

Rapport Final R1950  
20 Juillet 2020

© INRS, Centre - Eau Terre Environnement, 2021  
Tous droits réservés

ISBN : 978-2-89146-942-5 (version électronique)

Dépôt légal - Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2021  
Dépôt légal - Bibliothèque et Archives Canada, 2021

Équipe terrain :

Cyrine Ben Hassine  
Alexandre Borduas  
Etienne Foulon

Rapport :

Etienne Foulon  
Cyrine Ben Hassine

Révision et encadrement général :

Alain N. Rousseau

L'intégralité du travail nécessaire à la rédaction de ce rapport a été dirigée et coordonnée par Etienne Foulon Ph.D., CPI. Ce rapport a été conçu et rédigé par Etienne Foulon puis révisé par Cyrine Ben Hassine, CPI et Alain N. Rousseau Ph.D., ing. Professeur à l'INRS-ETE. La prise des mesures laser des ouvertures des ponts sur le terrain et leur schématisation présentée dans ce rapport a été effectuée par Cyrine Ben Hassine. Alexandre Borduas a pris tous les transects bathymétriques et a apporté un soutien technique sur le terrain.

Nous remercions WSP-Arpentage et particulièrement Steve Simard, technicien arpenteur, pour son accompagnement terrain lors des deux premiers jours de relevé.

L'Institut national de la recherche scientifique (INRS) est le seul établissement au Québec dédié exclusivement à la recherche universitaire et à la formation aux cycles supérieurs. Fondé en 1969, l'INRS est composé de quatre centres de recherche (Laval, Montréal, Québec et Varennes) œuvrant dans des secteurs prioritaires pour le développement économique, social et culturel du Québec. En partenariat avec la communauté et l'industrie, nous sommes fiers de contribuer au développement de la société par nos découvertes et la formation d'une relève capable d'innovation scientifique, sociale et technologique.

490, Rue de la Couronne  
Québec, (Québec)  
418-654-4677  
[www.ete.inrs.ca](http://www.ete.inrs.ca)

# TABLE DES MATIÈRES

1.	Résumé de la prise de données .....	5
2.	Mise en contexte .....	7
3.	Méthodologie des relevés.....	7
3.1	Prise de données de la section passante des ouvrages .....	7
3.2	Prise de données géo-référencées.....	9
3.2.1	Protocole terrain A .....	10
3.2.2	Protocole terrain B .....	11
3.2.3	Protocole terrain C .....	12
3.2.4	Paramètres du système GNSS utilisés.....	13
3.2.5	Description des fichiers natifs.....	14
3.3	Post-traitement des données.....	15
4.	Validation de la précision des protocoles de relevés .....	15
4.1	Relevé des données de la section passante des ouvrages .....	15
4.2	Données géo-référencées selon le protocole terrain A.....	16
4.3	Données géo-référencées selon le protocole terrain B .....	18
4.4	Données géo-référencées selon le protocole terrain C.....	19
5.	Schéma et côtes des ponts relevés par rivière .....	20
5.1	Rivière Delisle .....	21
5.2	Rivière Rouge .....	23
5.3	Rivière Raquette .....	25
5.4	Rivière Dalesville.....	27
5.5	Rivière du Nord .....	29
5.6	Rivière de l'Ouest.....	31
Annexe 1	Liste des ponts à relever .....	33
Annexe 2	Détails des écarts constatés pour la double prise de mesure des cinq premiers ouvrages relevés .....	35
Annexe 3	Références.....	40



# 1. Résumé de la prise de données

Rivière	Identifiant	Données télémétriques		Levés GNSS-RTK			Protocole	
		Géométrie passante		Tablier	Bathymétrie			
		amont	aval	dessus	amont	aval		
Delisle	17783	✓	✓	✓	✗	✓	B	
	13516	✓		✓	✗	✗	B	
	Del01		✓	✓ - 4 pts	✗	✗	C	
	Del02	✓	✓	✗	✗	✗	N.A.	
à la Raquette	7821	✓		✓	✓	✗	C	
	11565		✓	✗	✗	✗	N.A.	
	7830	✓	✓	✓	✗	✓	C	
	Raq01		✓	✓	✗	✗	C	
	Raq02	✓		✓	✓	✓	C	
	7826 Facultatif		✓	✗	✗	✗	N.A.	
Rouge	Rou01		✓	✗	✗	✗	N.A.	
du Nord	14749	✓		✗	✗	✗	N.A.	
	422		✓	✓	½ transect	½ transect	A	
	RdN01		✓	✗	✗	✗	N.A.	
	RdN02		✓	rive gauche	✗	✗	A	
de l'Ouest	13957		✓	✓		✓ - 3pts	A	
	10712	✓		✓	✓	✓ - 3pts + seuil	A	
	9369		✓	✓	✗	✗	A	
	354		✓	✓	✗	✗	A	
	RdIO01		✓	rive gauche	½ transect	½ transect	A	
	RdIO02		✓	✗	✓ - 3 pts	½ transect	A	
	RdIO03	✗	✗	✗ Pont Orlica, accès non obtenu			✗	✗
	RdIO04		✓	✓	✗	✗	A	
	RdIO05	✓		✓	✓ 1pt	✗	A	
	RdIO06		✓	✓	✓	✓	A	
Dalesville	341		✓	✓	✗	✗	A	
<b>TOTAL MRC-VS &amp; Argenteuil</b>		<b>9/26</b>	<b>19/26</b>	<b>18/26</b>	<b>8/26</b>	<b>9/26</b>		



## **2. Mise en contexte**

Dans le cadre de son projet de cartographie des zones inondables, la MRC de Vaudreuil-Soulanges requiert des services techniques de détermination de la géométrie de 25 ponts situés sur son territoire et celui de la MRC d'Argenteuil. L'objectif final de cet exercice est de pouvoir intégrer lesdits ponts à une modélisation hydraulique 1D/2D HEC-RAS de six rivières du territoire concerné. Par conséquent l'accent doit être mis sur la détermination précise de la section passante des ouvrages relevés. En d'autres termes, c'est l'espace libre sous le pont qui doit être relevé. Pour cela, il faut relever la géométrie des piliers (et semelles) et des culées en rives qui peuvent restreindre la section d'écoulement sous les ponts. Étant donné l'objectif final de modélisation hydraulique ainsi que les appels d'offre couramment utilisés par la Communauté métropolitaine de Montréal (CMM) et le Ministère de l'environnement et des changements climatiques (MELCC) dans ce même contexte, la précision altimétrique des mesures devra de 0.010 m ou mieux (ci-après appelée précision prescrite).

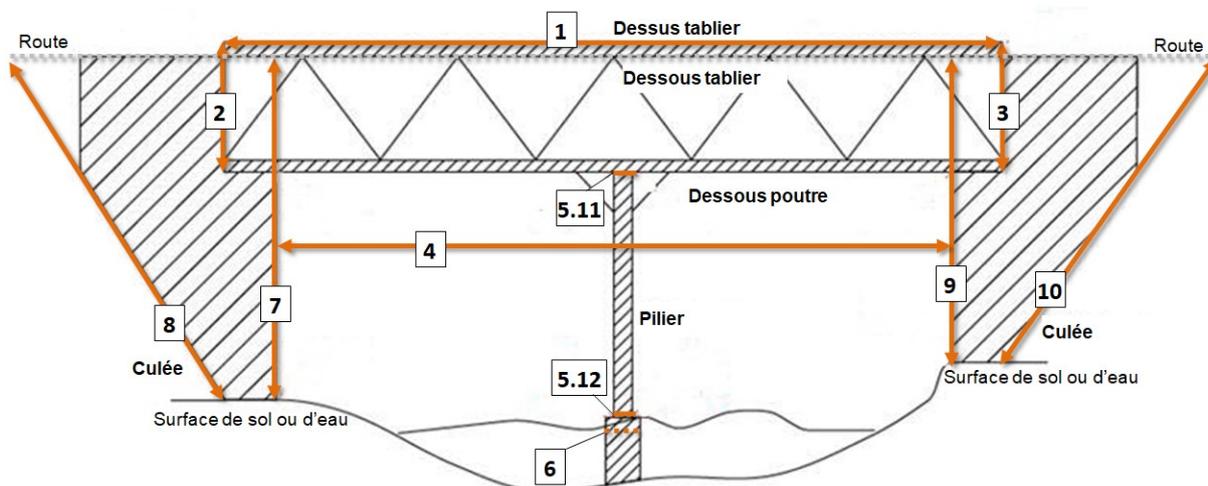
## **3. Méthodologie des relevés**

### **3.1 Prise de données de la section passante des ouvrages**

Pour chaque pont figurant dans l'appel d'offre et auquel l'équipe terrain a eu accès (voir Annexe 1), les cotes présentées dans le Tableau 1 ci-contre et illustrées à la Figure 1 ont été relevées.

**Tableau 1: Description des composantes des ponts à relever**

Composants	Élément	Description	Remarque
Tablier	1	Longueur du tablier	
	2	Épaisseur du tablier en rive gauche	
	3	Épaisseur du tablier en rive droite	Si asymétrie
Ouvrage	4	Longueur de l'ouvrage	
Pilier	5.11	Épaisseur du 1 <sup>er</sup> pilier face interne (haut)	Si présent
	5.12	Épaisseur du 1 <sup>er</sup> pilier face interne (bas)	Si présent
	5.21	Épaisseur du 2 <sup>e</sup> pilier face interne (haut)	Si présent
	5.22	Épaisseur du 2 <sup>e</sup> pilier face interne (bas)	Si présent
	5.31	Épaisseur du 3 <sup>e</sup> pilier face interne (haut)	Si présent
	5.32	Épaisseur du 3 <sup>e</sup> pilier face interne (bas)	Si présent
(ajouter des mesures s'il y a plusieurs piliers)			
Semelle	6	Épaisseur de la semelle de pilier (si accessible)	Si accessible selon la hauteur d'eau et le courant
Culée	7	Hauteur de la culée à rive gauche (de la route jusqu'au terrain ou l'eau)	mesure verticale sans angle
	8	Largeur de la culée à rive gauche (de la route jusqu'au terrain ou l'eau)	
	9	Hauteur de la culée à rive droite (de la route jusqu'au terrain ou l'eau)	mesure verticale sans angle
	10	Largeur de la culée à rive droite (de la route jusqu'au terrain ou l'eau)	



**Figure 1: Illustration des composantes des ponts à relever (cf Tableau 1 pour nomenclature numérique)**

Les mesures présentées au tableau précédent ont été prises grâce à un télémètre laser LEICA DISTO™ X3 et un trépied de manière à pouvoir prendre des mesures indirectes (utilisation de la fonction d'inclinométrie pour une mesure déduite à partir des angles). La précision des mesures est typiquement de l'ordre de 1 mm, mais peut atteindre 0.15 mm/m dans des conditions non favorables (température élevée, réflectivité plus grande ou moins

grande qu'une cible peinte, arrière-plan très lumineux) qui sont typiques des conditions rencontrées lors du relevé de structures de ponts. Ainsi la précision attendue est au pire de 15 mm (0.15\*100 pour une observation à une distance de 100 m dans des conditions défavorables). Le lecteur peut se référer au manuel de l'utilisateur pour plus de détails techniques (<https://www.manualslib.com/products/Leica-Disto-X3-9005332.html>)

Un minimum de quatre photographies de chaque pont a été pris de manière à présenter les faces amont et aval, ainsi que les sections d'écoulement amont et aval (prises depuis le pont quand il est ouvert à la circulation). La nomenclature appliquée provient de l'appel d'offre.

**Numéro de pont\_nomenclature.jpg** (photo *amont* ou *aval*, *pe* pour les vues perpendiculaires, *veg\_amont* et *veg\_aval* pour les vues présentant la végétation avoisinante)

### 3.2 Prise de données géo-référencées

Le récepteur GNSS-RTK GS08 plus de Leica, couplé à un module radio pour un positionnement selon la technique de cinématique en temps réel (RTK *Real Time Kinematic*), a été utilisé. Le récepteur est un appareil potentiellement multi-constellation (GPS, Glonass), mais seule la constellation GPS est utilisée avec la configuration matérielle disponible. Il permet toutefois grâce à une poursuite du signal en Bande L (L1, L2, L2C) d'atteindre une précision centimétrique (planimétrie 1 cm ou 10 mm + 1 ppm/ altimétrie 20 mm + 1 ppm). La poursuite du signal SBAS (WAAS, EGNOS, MSAS, GAGAN) est également optionnelle. Le *ppm* ou classiquement partie par million réfère à l'erreur orthométrique (distance entre le point mesuré et le géoïde) commise soit 1 mm pour 1000 m pour 1 ppm. Pour des informations plus détaillées, le lecteur peut se référer au manuel de l'utilisateur à <https://www.manualslib.com/products/Leica-Gs08plus-8935007.html>

Le carnet terrain utilisé (interface électronique permettant de paramétrer les équipements) est un modèle Viva CS10 de Leica.

Les mesures sont prises selon les systèmes de référence suivants:

Système de référence géodésique : NAD83(SCRS)  
Projection : MTM8  
Système de référence altimétrique : CGVD28  
Modèle du géoïde : HT2 1997

Étant donné les conditions terrain, la réception satellitaire dégradée proche des structures ou sous couvert végétal, le manque d'entretien du réseau de repères géodésiques, ainsi que le matériel utilisé (Récepteur GNSS-RTK couplé à une radio de portée maximale d'environ 2 km autour de la base), il a été nécessaire d'écrire une série de protocoles terrain, dégradés du protocole idéal A, au protocole C.

### 3.2.1 *Protocole terrain A*

Le paragraphe suivant décrit la procédure suivie pour l'installation des composantes matérielles sur le terrain et la prise de mesures.

1. Mise en place du récepteur de base sur un repère géodésique en bon état. La liste des repères géodésiques du Québec est disponible sur <https://geodesie.portailcartographique.gouv.qc.ca/>. On notera pour les lecteurs non-initiés que le choix des repères géodésiques et leur localisation sur le terrain est un des facteurs les plus chronophages puisque le réseau de repères n'est pas bien entretenu. Une raison pour cela doit être le développement des récepteurs GNSS-RTK connectés au réseau GSM qui ne requière pas de station de base puisqu'ils se connectent en direct à la base CAN-NET (<https://www.cansel.ca/store/cansel/en/geonews-truenorth/cannetspring2019>) pour la correction des positions en temps réel.
2. On notera que lorsque la station est mise en place, avant de valider la position de référence de la station, il est recommandé d'attendre 10-15min (dans le menu de référencement du carnet CS10), pour s'assurer d'une position de base localisée précisément. Certains protocoles particuliers exigent même d'attendre 24 heures avant la validation de la position de la base.
3. Une fois la base mise en place, il s'agit de vérifier avec le mobile GNSS-RTK la précision des mesures à l'aide d'autres repères géodésiques placés dans un rayon de 2 km de la base (limite de portée du module radio utilisé). Cela permet de corriger les erreurs systématiques éventuelles et de valider que les mesures sont bien prises avec une précision centimétrique dans les systèmes de références géodésique et altimétrique voulus. Toute mesure de contrôle est effectuée cinq fois au minimum de

manière à moyenner les points mesurés et améliorer la précision de la mesure (une fois les données de mauvaise qualité retirées, voir la section post-traitement).

4. Enfin, les mesures terrain en tant que telles peuvent être réalisées en portant attention à ce que la canne soit bullée puisque le modèle utilisé ne dispose pas de correction numérique de l'inclinaison.

### 3.2.2 *Protocole terrain B*

Étant donné l'accompagnement technique d'un technicien arpenteur de la compagnie WSP-arpentage pour les deux premiers jours de terrain, il a été possible de définir un protocole spécifique dégradé à partir du protocole terrain A selon les conseils avisés des services techniques ABTech, vendeur officiel du matériel Leica, situés à Québec, Sherbrooke et Montréal.

1. Le protocole terrain B est similaire au protocole terrain A, à cela près que la station de base est installée « n'importe où » (dénomination du menu spécifique du carnet de terrain CS10) dans une zone ouverte à l'écart des bâtiments ou lignes électriques pour maximiser la réception satellite.
2. Lorsque la station est mise en place, avant de valider la position de référence de la station, il est recommandé d'attendre 10-15min pour s'assurer d'une position de base localisée précisément.
3. Une fois la base mise en place, il s'agit de corriger le repère mis en place grâce à des pseudos repères géodésiques qui prennent la forme d'au moins deux clous d'arpentage (voir Figure 2) mis en place par le technicien arpenteur. Ces clous sont positionnés dans les repères planimétrique et altimétrique avec une précision de quelques millimètres grâce au récepteur mobile GNSS-RTK Trimble R8 connecté à la base CAN-NET et mis à disposition par WSP-arpentage. Le premier permet grâce à un « décalage-rapide » (dénomination du menu spécifique du carnet de terrain CS10) de mettre en place un repère local corrigé. Le deuxième (et troisième éventuellement) servent de contrôle de la même manière que les repères géodésiques à l'étape 3 du protocole A).
4. Dans le cadre du présent mandat, les mesures terrain ont été prises en portant attention à ce que la canne soit bullée. On notera que les points du dessus de tablier ont été mesurés par l'équipe terrain de l'INRS et par le technicien arpenteur de manière à valider le protocole mis en place par l'INRS, notamment en termes de précision verticale puisque c'est la donnée critique pour la mise en place des modèles hydrauliques subséquents.



**Figure 2: Clou d'arpentage utilisé sur le terrain comme pseudo repère géodésique**

### 3.2.3 Protocole terrain C

Le protocole terrain C a été mis en place sous les conseils du service technique d'ABTech, après validation auprès d'un détenteur d'un Ph.D. en télédétection (communication personnelle) et vérification quantitative (voir section 4.4). L'objectif était, dans le cas de l'absence de repères géodésiques en bon état, de mettre en place un protocole terrain réalisable sans la présence du technicien arpenteur.

1. La station de base est installée « n'importe où » dans une zone ouverte à l'écart des bâtiments ou lignes électriques pour maximiser la réception satellite.
2. Lorsque la station est mise en place, avant de valider la position de référence de la station, il est recommandé d'attendre 10-15min pour s'assurer d'une position de base localisée précisément.
3. Une fois la base mise en place, il s'agit de corriger le repère grâce à des pseudos repères géodésiques qui ont pris la forme d'un coin de bâtiments agricoles (sans toiture) dont les coordonnées ont été repérées sur le modèle numérique de surface (MNS) issu d'un relevé LiDAR de la zone (précision altimétrique 20 cm). Prendre ces coins de bâtiments, car la cassure altimétrique avec les points avoisinants est très claire sur le MNS permettant ainsi de réduire l'erreur altimétrique qui est selon le rapport technique reçu avec les données LiDAR de 20 cm (CMM 2019), bien que pour totalité des 38 sites contrôlés, l'erreur moyenne n'a pas dépassé 0.066 m. Le premier point de repère a permis grâce à un « décalage-rapide » (dénomination du menu spécifique du carnet de terrain CS10) de mettre en place un repère local corrigé. Le deuxième (et troisième éventuellement) a servi de contrôle de la même manière qu'à l'étape 3 du protocole B). On note que la précision planimétrique est nettement moins importante puisque la mesure d'un transect sur le dessus du tablier des ponts permettra une correction selon la précision requise dans le plan (x,y)

assurant la localisation des transects bathymétriques éventuellement relevés en rivière. Parallèlement l'élévation du tablier permet également de valider les mesures prises selon le repère vertical.

4. Les mesures terrain ont été prises en portant attention à ce que la canne soit bullée. La précision de ce protocole est validée par une double prise de mesures au pont Del01 (section 4.4).

#### *3.2.4 Paramètres du système GNSS utilisés*

- Précision planimétrique minimale selon le CQ2D de Leica (moins de 30% de chance que la précision soit plus faible que la valeur du CQ2D) : 0.02 m (20 mm)
- Précision altimétrique minimale selon le CQ3D de Leica : 0.05 m (50 mm)
- Intervalle de prise de mesure : 1 seconde
- Nombre de satellites maximal : 9

### 3.2.5 Description des fichiers natifs

Tableau 2: Descriptif des champs associés aux données sources générées par le carnet terrain CS10

Champs	Description
<i>ID</i>	Identifiant du point
<i>NORD</i>	Latitude en mètres (y)
<i>EST</i>	Longitude en mètres (x)
<i>ALT</i>	Altitude en mètres (z)
<i>CLASSE</i>	Type de point système CTRL : point sur laquelle la base est installée – entré par l'utilisateur REF : Référence mesurée par la base MEAS : mesure prise par le mobile RTK
<i>CODE</i>	Indication de l'élément mesuré TABLIER SEUIL TRANS pour transect bathymétrique
<i>HAUT, ANT.</i>	Hauteur d'antenne en mètres
<i>CQ2D</i>	Estimation de la précision planimétrique (basée sur un test statistique, se référer au manuel de l'utilisateur pour plus de détails)
<i>CQ3D</i>	Estimation de la précision tridimensionnelle (se référer au manuel de l'utilisateur pour plus de détails)
<i>GDOP</i>	<i>Geometric dilution of precision</i> (Si les satellites sont répartis dans le ciel, la GDOP est bonne et les mesures plus précises que si les satellites sont regroupés).
<i>HDOP</i>	<i>Horizontal dilution of precision</i>
<i>PDOP</i>	<i>Position (3D) dilution of precision</i>
<i>VDOP</i>	<i>Vertical dilution of precision</i>
<i>GPS UTI</i>	Nombre de satellites Utilisés

Le concept de dilution de la précision vient quantifier l'effet qu'une petite erreur de mesure de la position des satellites va avoir sur la mesure finale de la coordonnée géodésique. La valeur optimale de la dilution est 1. Une valeur de DOP inférieure à 2 sera considérée comme excellente, entre 2 et 5 comme bonne. Au-delà de 5, les valeurs ne sont pas appropriées pour l'utilisation qui en est faite dans ce rapport.

### 3.3 Post-traitement des données

Le post-traitement consiste à supprimer les données de mauvaise qualité et corriger les biais systématiques.

Dans un premier temps, grâce aux mesures de dilution de la précision (voir Description des fichiers natifs au Tableau 2), les mesures de mauvaise qualité sont supprimées (l'accent est mis sur le VDOP étant donné l'objectif de ce travail de terrain). Ainsi toute mesure de VDOP supérieure à 5 a été supprimée. Les mesures dont la VDOP était comprise entre 3 et 5 ont été conservées à défaut d'une donnée adjacente de meilleure qualité et après vérification manuelle de la plausibilité de la mesure. Le tri est également fait selon la qualité relative des groupes de données contrôlés. Ensuite, les biais systématiques constatés aux points de contrôles géodésiques (ou pseudos-géodésiques, voir protocoles B et C) utilisés sont corrigés. La correction est appliquée indépendamment pour la longitude, la latitude et l'élévation. Cette correction permet de centrer les erreurs commises lors de la mesure des points d'intérêts. Elle doit toujours être inférieure à la précision prescrite.

## 4. Validation de la précision des protocoles de relevés

### 4.1 Relevé des données de la section passante des ouvrages

La section passante des quatre premiers ponts a été relevée par l'équipe terrain de l'INRS et par le technicien arpenteur à la station totale. Ces mesures prises en double sont comparées au Tableau 3.

**Tableau 3: Résumé des écarts constatés pour la double prise de mesure des cinq premiers ouvrages relevés**

Rivière	ID pont	Moyenne	Min	Max	Écart-type
Delisle	17783	0.050	0.010	0.115	0.0568
	13516	0.034	0.012	0.046	0.0188
	Del01	0.072	0	0.231	0.108
	Del02	0.164	0.115	0.213	0.0693

Le détail des écarts constatés pour chaque pont est disponible à l'Annexe 2. On notera que les différences observées sont à 67% inférieures ou égales à 0.05m et 33% supérieures à 0.10m. Étant donné la manière classique de valider un modèle hydraulique selon la même classification des erreurs commises sur la modélisation des niveaux d'eau, on peut conclure que les mesures ont été prises avec la précision requise. Toutefois, on peut noter que pour une problématique d'accès, il n'a pas été systématiquement possible de procéder aux mesures en face amont comme aval, en rive gauche comme en rive droite. Cette problématique n'est pas spécifique aux relevés lasers. Elle aurait été également rencontrée si toutes les mesures avaient été prises à la station totale. La seule solution technique serait d'avoir un accès systématique aux ponts avec un canot. Le temps et le budget requis pour une telle opération ne peut être justifié. Par contre, il aurait été opportun que ces mesures soient réalisées pendant la prise des données bathymétriques lorsque l'équipe terrain d'HYDROMETEO était déjà équipée d'un canot ou d'un zodiaque.

#### **4.2 Données géo-référencées selon le protocole terrain A**

Le protocole terrain A a été appliqué à deux regroupement de ponts. Le Tableau 4 présente un résumé des écarts constatés aux repères géodésiques utilisés à des fins de vérification comme expliqué à l'étape 3 du Protocole (Section 3.2.1).

**Tableau 4: Écarts d'élévation entre le repère géodésique et la moyenne des valeurs mesurées et correction appliquée**

Rivière	ID ponts	Repère de base	Repère de vérification	Écart d'élévation (m)	Correction appliquée
<i>de l'Ouest</i>	354	98K0109-plani	81L025-alti	-0.06	-0.06
	9369				
	10712				
	RdlO06				
	RdlO05				
<i>du Nord &amp; de l'Ouest</i>	RdlO04	Tabliers	0.017		
	RdlO02	98K0115-plani	36L448R-alti	-0.047	-0.041
	13957		81L049-alti	-0.035	
	RdlO01				
	RdN02		Tabliers	0.048	
	422				

Les repères géodésiques planimétriques, *plani*, disposent de coordonnées en (x,y,z) à une précision centimétrique voir sub-centimétrique. Les repères géodésiques altimétriques, *alti*, disposent d'une coordonnée z à une précision centimétrique voir sub-centimétrique

On note que les corrections découlant des repères géodésiques altimétriques utilisés comme points de validation indiquent une précision d'au moins 6 cm comme prescrit. On notera que les repères altimétriques ne sont pas les plus évidents à mesurer avec le mobile GNSS, car ils sont souvent sur une façade en béton ou sur une culée de pont sans support horizontal sur lequel reposer la canne. Cela peut expliquer que l'écart d'élévation soit supérieur à 5 cm pour le premier groupement de ponts. Alternativement, il est également possible que le repère ait légèrement bougé. Pour les deux groupements de ponts, la moyenne des écarts d'élévation constatés pour chacun des ponts du groupe respecte la précision prescrite. Toutefois, on notera plus précisément (données non incluses dans ce rapport) que pour le groupement *de l'Ouest*, les valeurs varient entre -0.097 m pour RdlO05 et 0.083 m pour RdlO04, la moyenne étant proche de 0 par le jeu des signes. Ainsi, à titre indicatif, la moyenne des valeurs absolues des écarts est de 0.063 m. Pour le groupement *du Nord & de l'Ouest*, les écarts varient de 0.079 pour RdlO01 à 0.114 pour 13957 avec une moyenne de 0.096 et des valeurs uniquement positives. Étant donné la précision du LiDAR (0.2 m) et l'absence de repère en milieu de tablier pour vérifier le position (x,y) des points du mns

(modèle numérique de surface) par rapport aux points mesurés, l'erreur indiquée vient conforter les mesures prises sur le terrain.

### 4.3 Données géo-référencées selon le protocole terrain B

Le protocole terrain B a été appliqué pour quatre ponts. Le Tableau 5 présente un résumé des écarts constatés par rapport aux pseudos repères géodésiques utilisés comme expliqué à l'étape 3 du Protocole (section 3.2.2).

**Tableau 5: Écarts d'élévation entre le pseudo repère géodésique et la moyenne des valeurs mesurées et correction appliquée**

Rivière	ID ponts	Repère de base	Repère de vérification	Écart d'élévation (m)	Écart élévation tablier (m)	Correction d'élévation appliquée (m)
Delisle	17783	N'importe où + Clou 1	Clou 2	-0.014	0.019	aucune
	13516	N'importe où + Clou 4	Clou 5	0.055	0.029	0.029
Rouge	Rou01	N'importe où + Clou 8	Clou 9	-0.005	N.A.	-0.005

Pour les ponts de la rivière Delisle, contrairement à celui de la rivière Rouge (se référer au Tableau 1), l'équipe terrain a eu accès au-dessus de tablier du pont et a procédé à son arpentage en double avec le technicien arpenteur. La colonne « Écart élévation tablier » présente la moyenne des écarts constatés entre les mesures de l'arpenteur et celles prises par l'équipe terrain pour une série de 25 et 30 points pour les ponts 17783 et 13516 respectivement. C'est la raison pour laquelle, pour le pont 13516, la correction d'élévation appliquée aux données est issue des données du tablier et non pas de la mesure du clou 5. Pour le pont 17783, aucune correction d'élévation n'a été appliquée, puisque les écarts constatés entre le clou et les mesures du tablier sont opposés et bien en dessous de la précision prescrite. D'ailleurs, le Tableau 5 dans son ensemble, témoigne du fait que la précision prescrite est bien respectée par le protocole terrain B.

#### 4.4 Données géo-référencées selon le protocole terrain C

Le protocole terrain C a été appliqué pour cinq ponts (voir Tableau 1). Les mesures prises au pont Del01 ont été validées par l'application simultanée du protocole B. Au pont 7821, un repère géodésique altimétrique a permis de valider (et corriger) les élévations mesurées.

Tableau 6: Écarts d'élévation constaté par mise en place du protocole C

Rivière	ID ponts	Repère de base	Repère de vérification	Écart d'élévation (m)	Écart élévation tablier (m)	Correction d'élévation appliquée (m)
Delisle	Del01	N'importe où + bâtiment agricole	Bât. agricole	-0.020	0.031	0.09
			Clou 6	0.010		
			Clou 7	0.009		
Raquette	7821	N'importe où + bâtiment agricole	Bât. agricole	-0.011	-0.107	-0.107
			71L019-alti	-0.107		

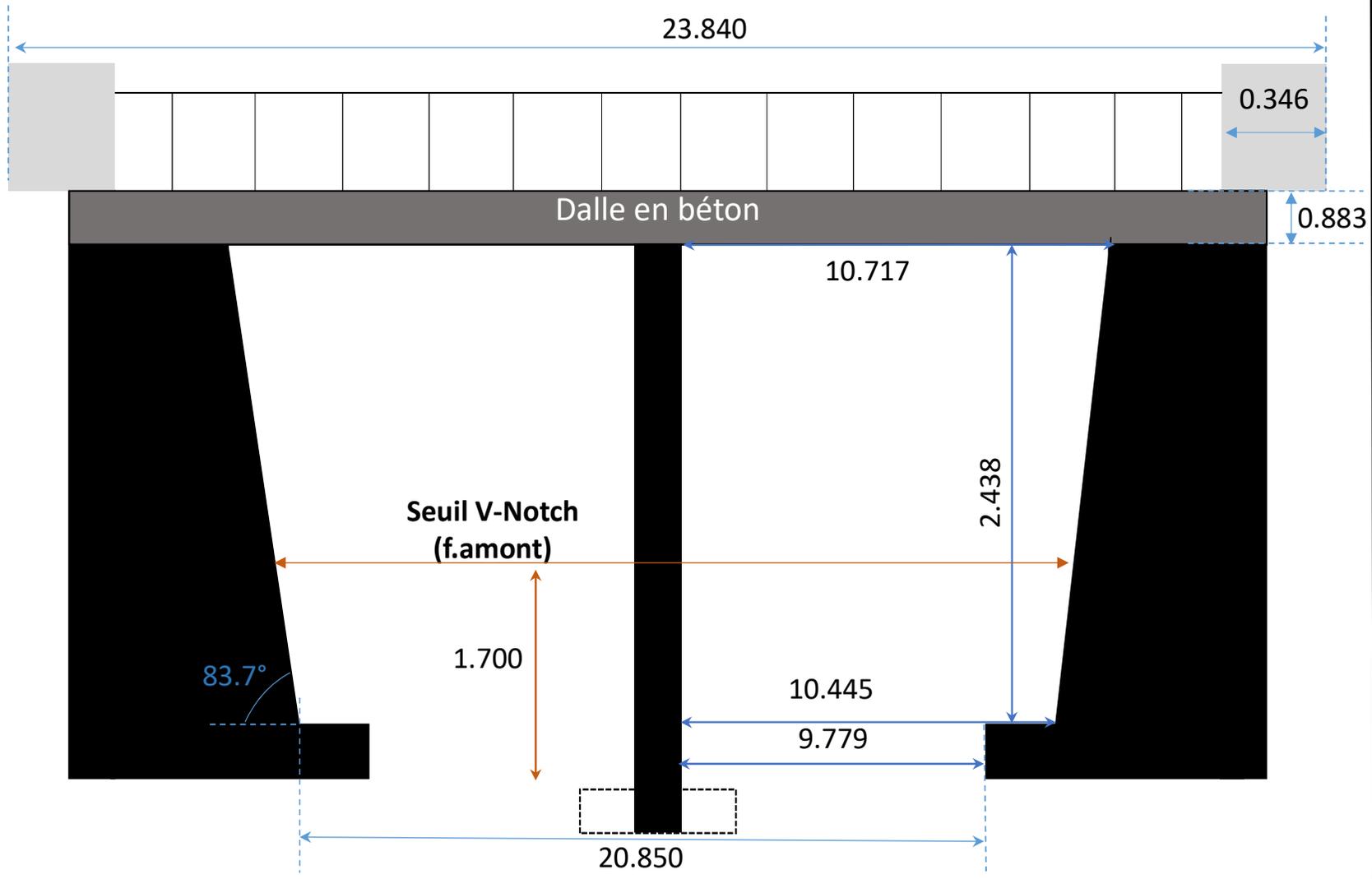
Pour le pont Del01, les mesures prises sur le tablier (4 points) étaient relativement difficiles d'accès et la canne n'a pas pu être maintenue exactement verticale (repère non bullé) car le tablier du chemin de fer était surélevé et non accessible (nécessite une autorisation et un accompagnateur de CN sous peine d'une amende). Pour ces raisons, c'est l'erreur mesurée au niveau des clous d'arpentage qui a été appliquée comme correction de l'élévation. Pour le pont 7821, comme les écarts mesurés au niveau du repère géodésique et pour les points pris sur le centre du tablier sont en parfait accord, c'est cette correction qui a été appliquée. On notera que si le repère altimétrique n'avait pas existé une correction de -0.011 aurait été appliquée, faisant ainsi passer l'erreur de mesure sous la précision minimale prescrite.

L'ensemble du Tableau 6 témoigne ainsi du fait que la précision prescrite est bien respectée par le protocole terrain C.

## 5. Schéma et côtes des ponts relevés par rivière

Cette section présente une schématisation de ponts relevés sur le terrain pour répondre aux besoins de la modélisation hydraulique subséquente. Ils ne doivent pas être confondus avec de quelconques plans structuraux. Étant donné la relative simplicité des calculs à réaliser (addition/soustraction et trigonométrie) pour caractériser entièrement l'espace libre sous les structures, nous avons fait le choix de ne présenter que les mesures brutes sur les schémas pour ne pas additionner les incertitudes. Le lecteur notera que les piliers, culées et semelles seront prolongées dans la modélisation hydraulique jusqu'au terrain sous-jacent, c'est pourquoi, en plus des problématiques de mesure sous l'eau, certaines hauteurs n'ont pas été mesurées comme la hauteur de la semelle pour le pont 17783 de la rivière Delisle, par exemple. Aussi, les ouvrages dont la symétrie a été vérifiée sont présentés avec le symbole \* . Les autres seront supposés à toute fin symétrique pour la modélisation hydraulique.

## **5.1 Rivière Delisle**



<b>Identifiant</b>	17783
<b>Nom de la rivière</b>	Delisle
<b>Emplacement</b>	Chemin du Fleuve
<b>Face représentée</b> (* symétrie amont/aval)	Aval*

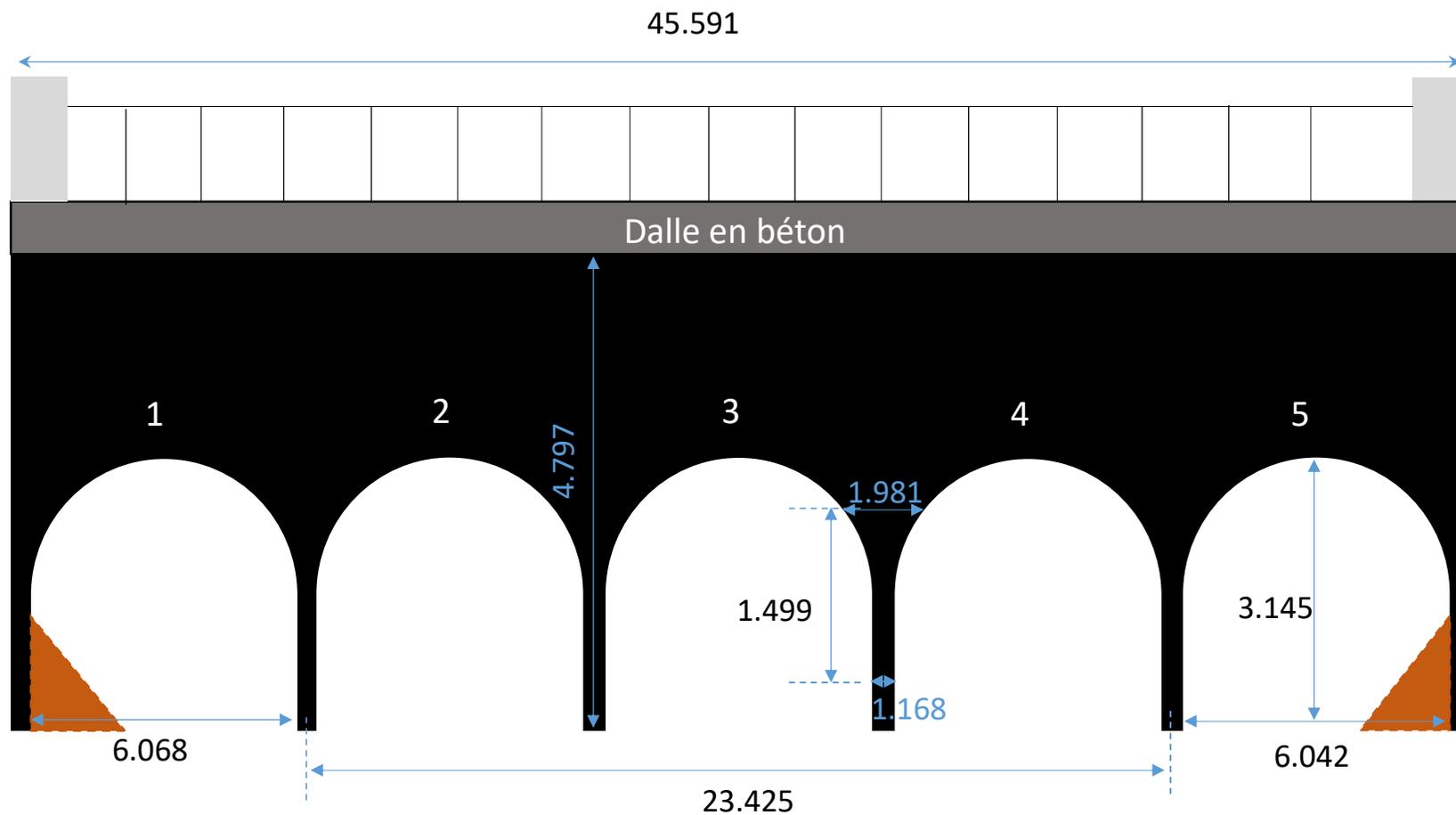
**Notes:**

Les faces amont et aval du pilier central sont arrondies (voir photos).

Un seuil de type *V-Notch* est presque accolé à la face amont du pont. Une mesure approximative de sa hauteur est fournie.

Largeur du tablier: 10.017 m

<b>Unité</b>	m; dessin sans échelle
<b>Date de relevé</b>	22 Juin 2020
<b>Équipe terrain</b>	Équipe INRS Arpenteur WSP

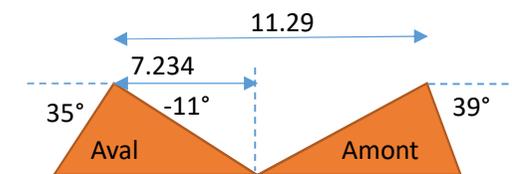


<b>Identifiant</b>	13516
<b>Nom de la rivière</b>	Delisle
<b>Emplacement</b>	Route 338
<b>Face représentée</b> (* symétrie amont/aval)	Amont

#### Notes:

Les piliers ne possèdent pas de semelle.

Présence d'obstacles à l'écoulement (voir les photos) aux ouvertures 1 et 5, côtés amont et aval. Les blocages 1 et 5 sont supposés identiques.

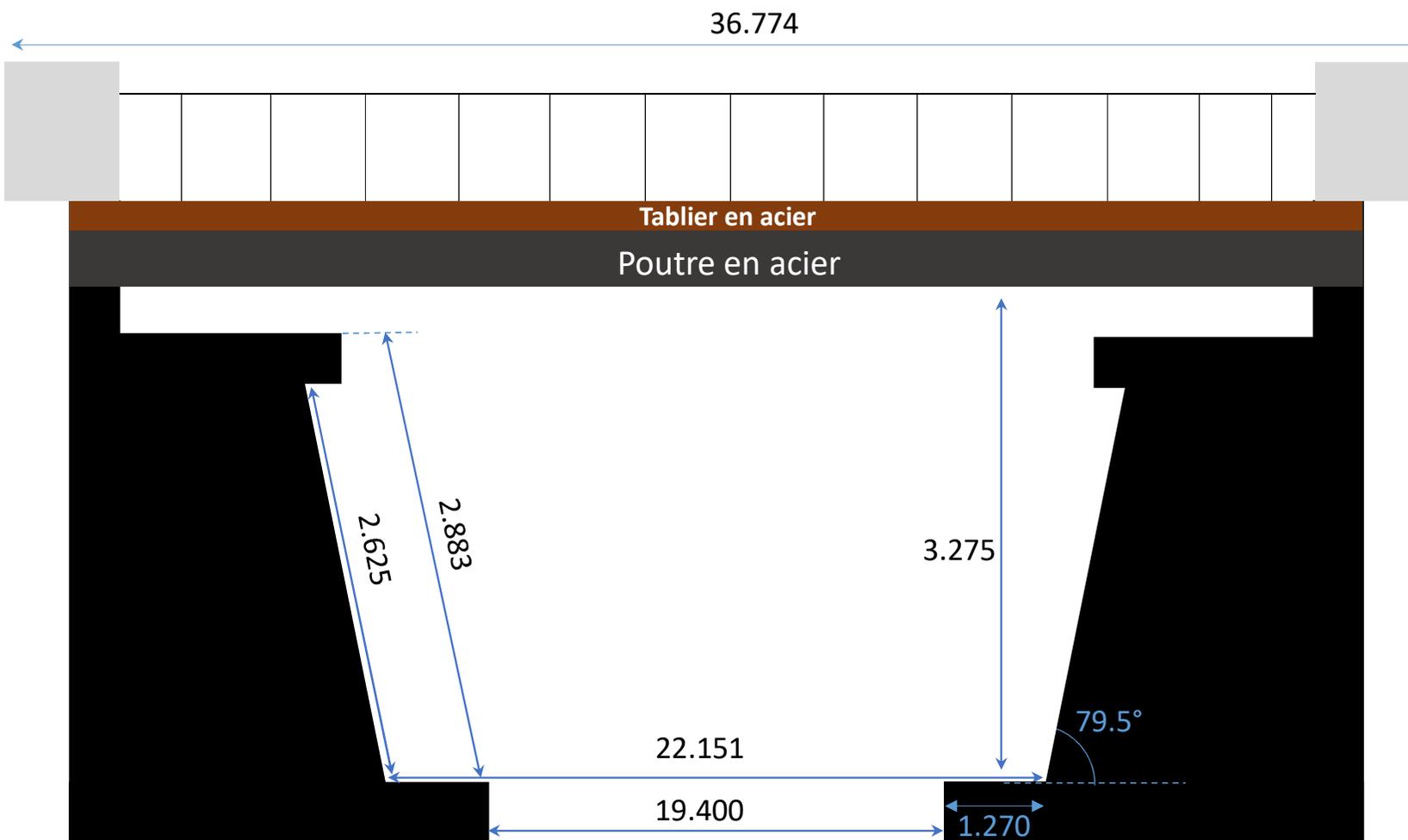


Profondeur culée-culée: 11.29 m

Largeur du tablier: 11.013 m

Largeur du tablier avec passerelle en bois: 14.340m

<b>Unité</b>	m; dessin sans échelle
<b>Date de relevé</b>	22 Juin 2020
<b>Équipe terrain</b>	Équipe INRS Arpenteur WSP



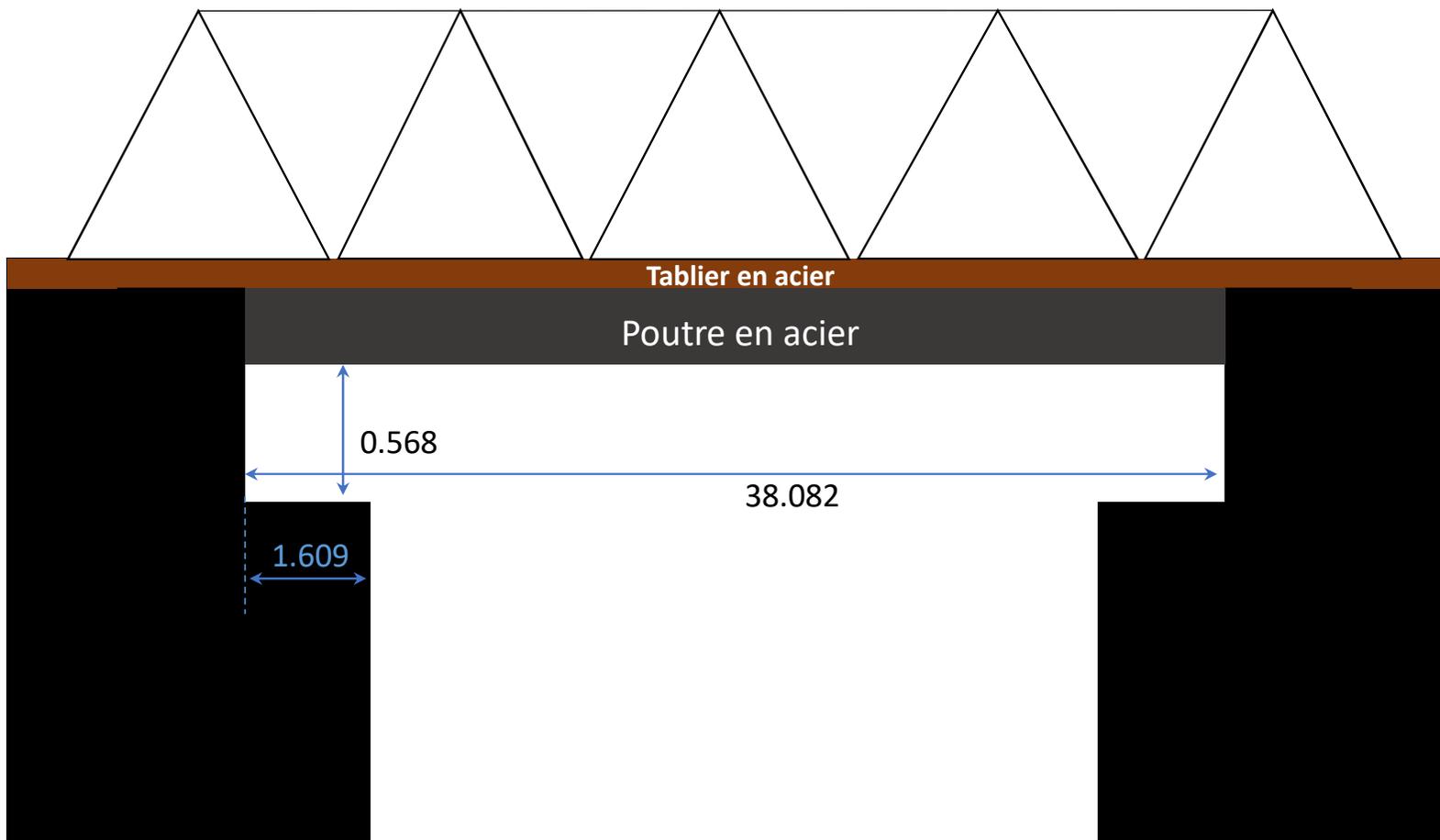
<b>Identifiant</b>	DEL01
<b>Nom de la rivière</b>	Delisle
<b>Emplacement</b>	Chemin de fer
<b>Face représentée</b> (* symétrie amont/aval)	Aval

**Notes:**

La longueur a été mesurée à partir du croisement sol-tablier, soit la longueur totale de la section de travers.

Profondeur semelle-semelle: 16.319 m  
 Profondeur culée-culée: 14.618 m  
 Distance fin semelle- fin culée: 0.635 m

<b>Unité</b>	m; dessin sans échelle
<b>Date de relevé</b>	23 Juin 2020
<b>Équipe terrain</b>	Équipe INRS Arpenteur WSP



<b>Identifiant</b>	DEL02
<b>Nom de la rivière</b>	Delisle
<b>Emplacement</b>	Chemin de fer
<b>Face représentée (* symétrie amont/aval)</b>	Amont*

**Notes:**

Étant donnée l'accessibilité limitée, la longueur totale de l'ouvrage n'a pas pu être mesurée.

Profondeur culée-culée: 8.157 m

<b>Unité</b>	m; dessin sans échelle
<b>Date de relevé</b>	23 Juin 2020
<b>Équipe terrain</b>	Équipe INRS Arpenteur WSP

## 5.2 Rivière Rouge

<b>Identifiant</b>	ROU01
<b>Nom de la rivière</b>	Rouge
<b>Emplacement</b>	Chemin de fer
<b>Face représentée (* symétrie amont/aval)</b>	Aval

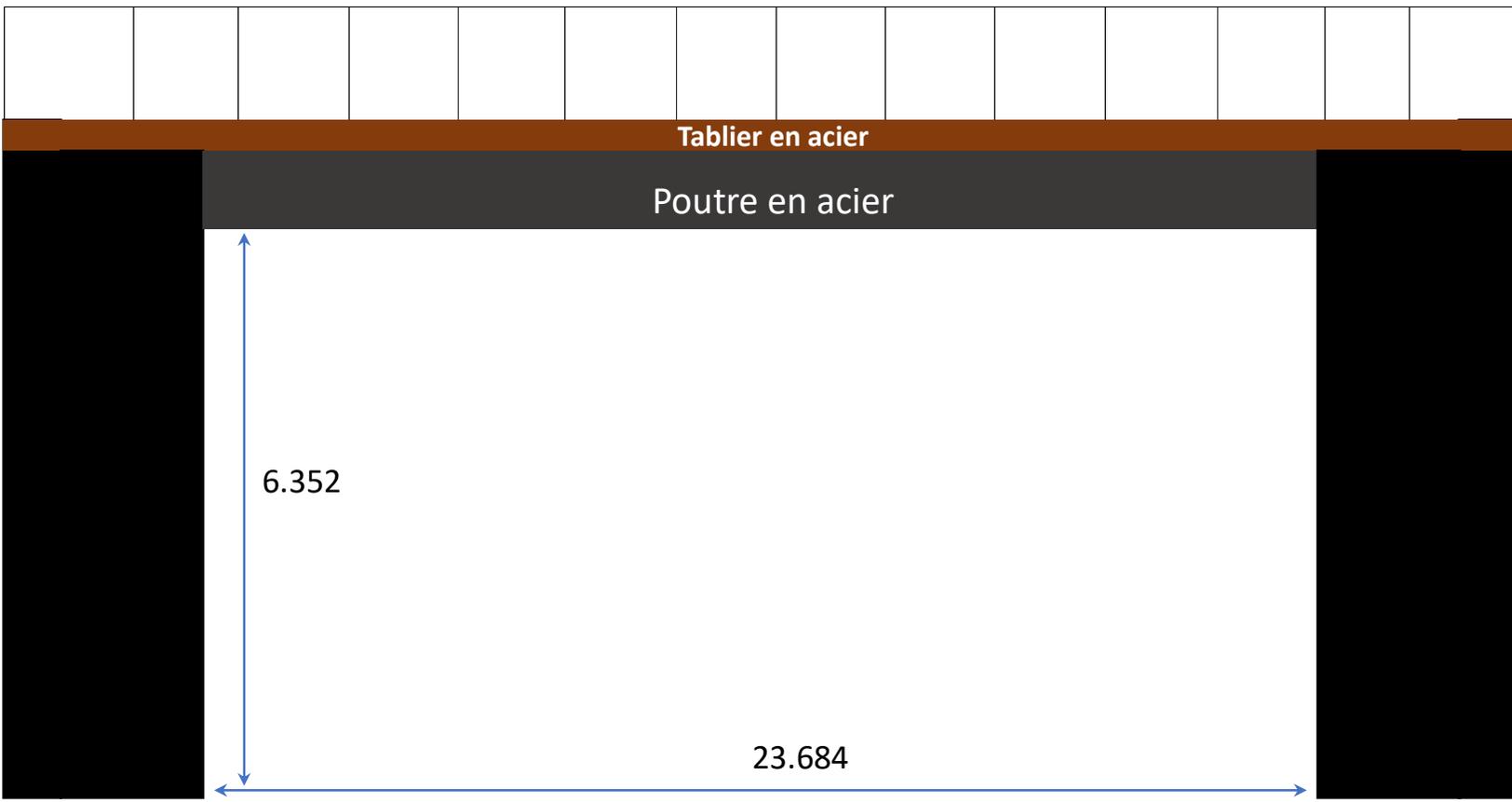
**Notes:**

Il y a présence de deux (2) poutres en acier en bas de tablier. La hauteur de la poutre amont par apport au bas de culée est de 6.072m.

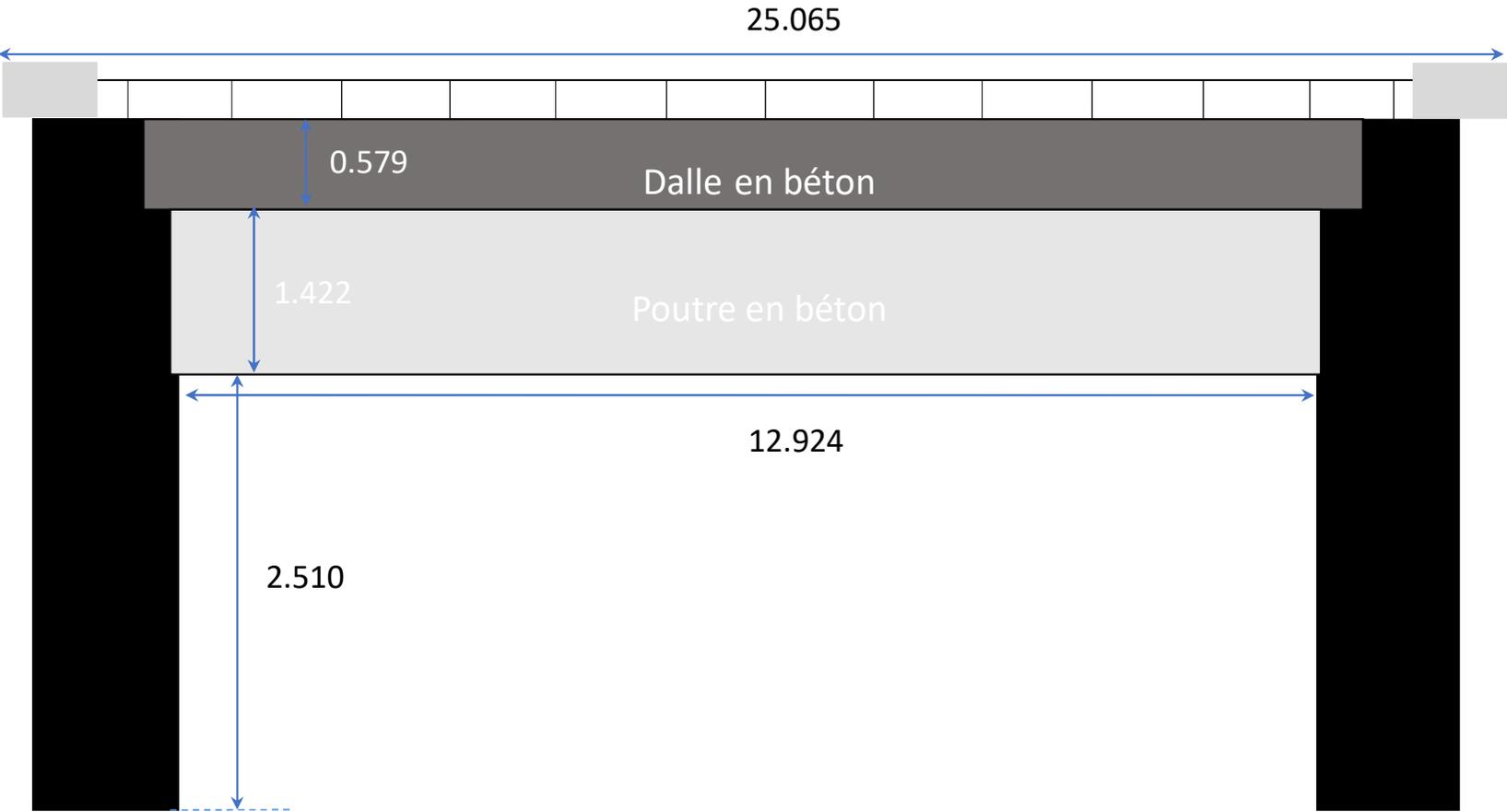
Étant donnée l'accessibilité limitée, la longueur totale de l'ouvrage n'a pas pu être mesurée.

Profondeur culée-culée: 10.016 m

<b>Unité</b>	m; dessin sans échelle
<b>Date de relevé</b>	23 Juin 2020
<b>Équipe terrain</b>	Équipe INRS Arpenteur WSP



### 5.3 Rivière Raquette



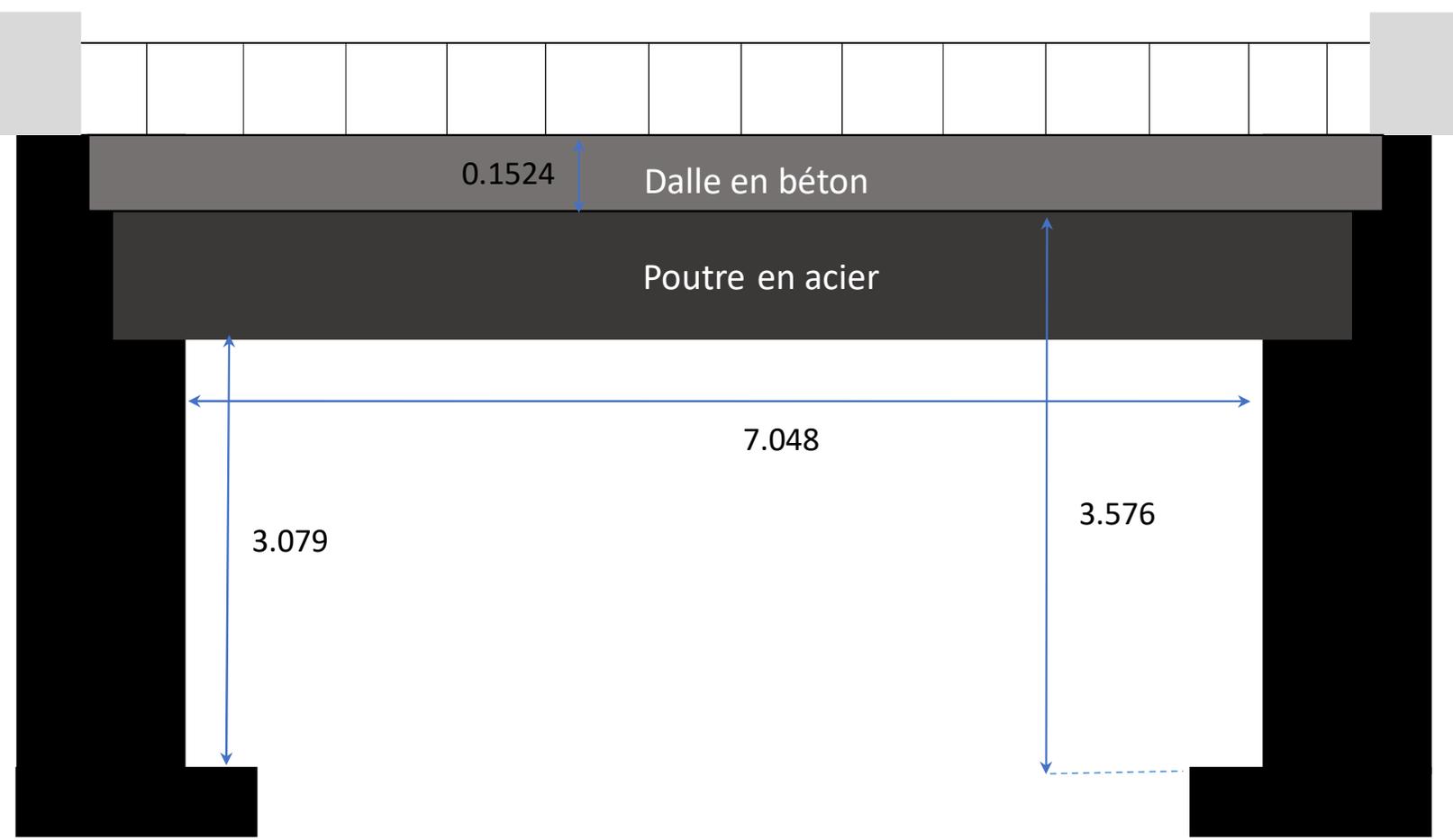
<b>Identifiant</b>	7830
<b>Nom de la rivière</b>	À la Raquette
<b>Emplacement</b>	Chemin Sainte-Marie
<b>Face représentée (* symétrie amont/aval)</b>	Aval*

**Notes:**

L'ouvrage n'est pas perpendiculaire à l'écoulement – il est important considérer cet angle dans le modèle hydraulique

Profondeur culée-culée : 11.119 m

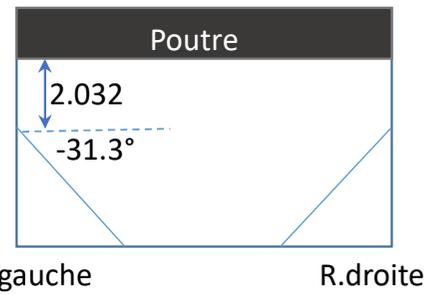
<b>Unité</b>	m; dessin sans échelle
<b>Date de relevé</b>	23 Juin 2020
<b>Équipe terrain</b>	Équipe INRS



<b>Identifiant</b>	RAQ01
<b>Nom de la rivière</b>	À la Raquette
<b>Emplacement</b>	Chemin Sainte-Marie
<b>Face représentée (* symétrie amont/aval)</b>	Aval

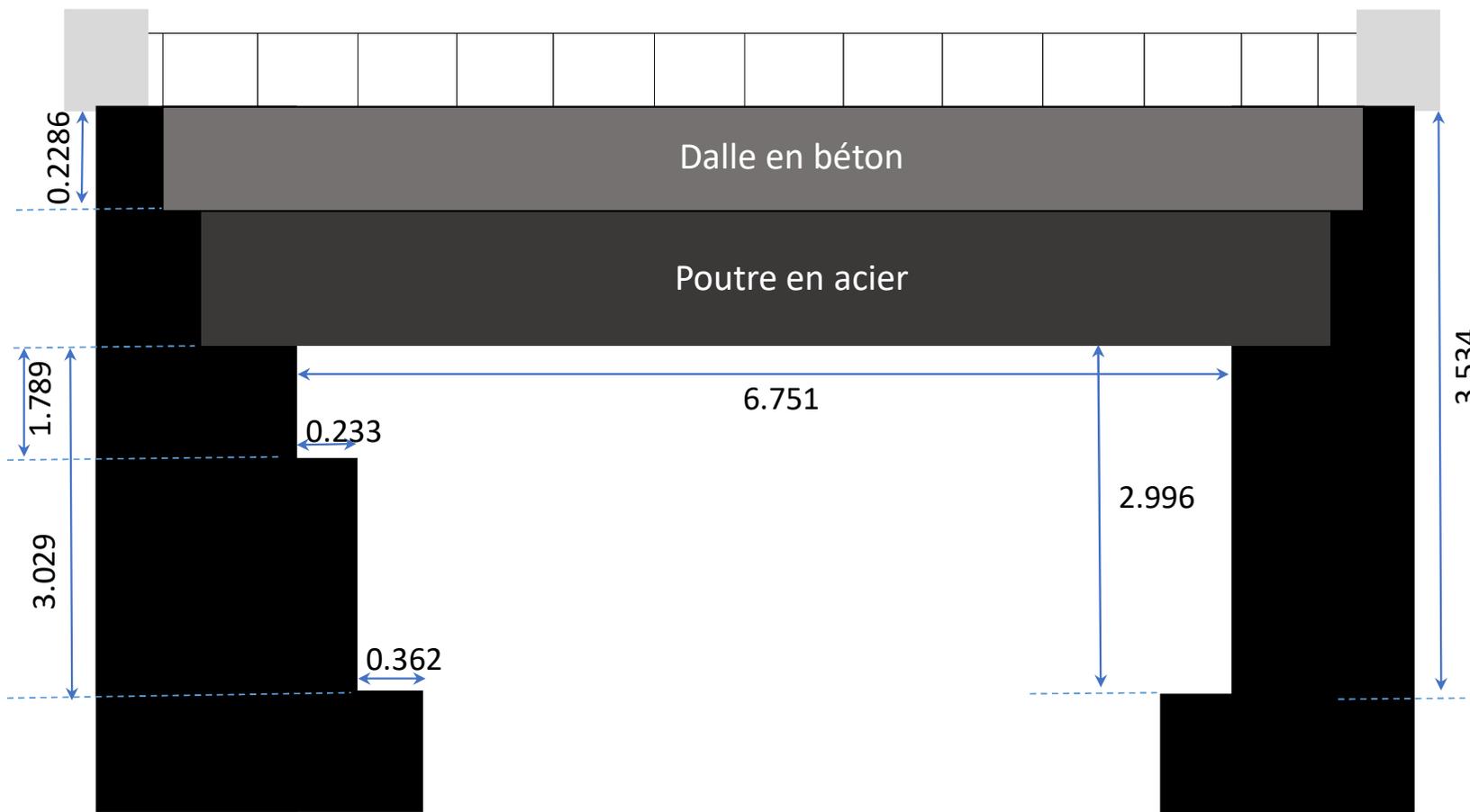
**Notes:**

Présence d'obstacles à l'écoulement en amont sur les deux rives. Les obstacles sont supposés symétriques.  
 Angle de pente vers l'aval: -35.5°



Profondeur culée-culée: 4.876m

<b>Unité</b>	m; dessin sans échelle
<b>Date de relevé</b>	23 Juin 2020
<b>Équipe terrain</b>	Équipe INRS

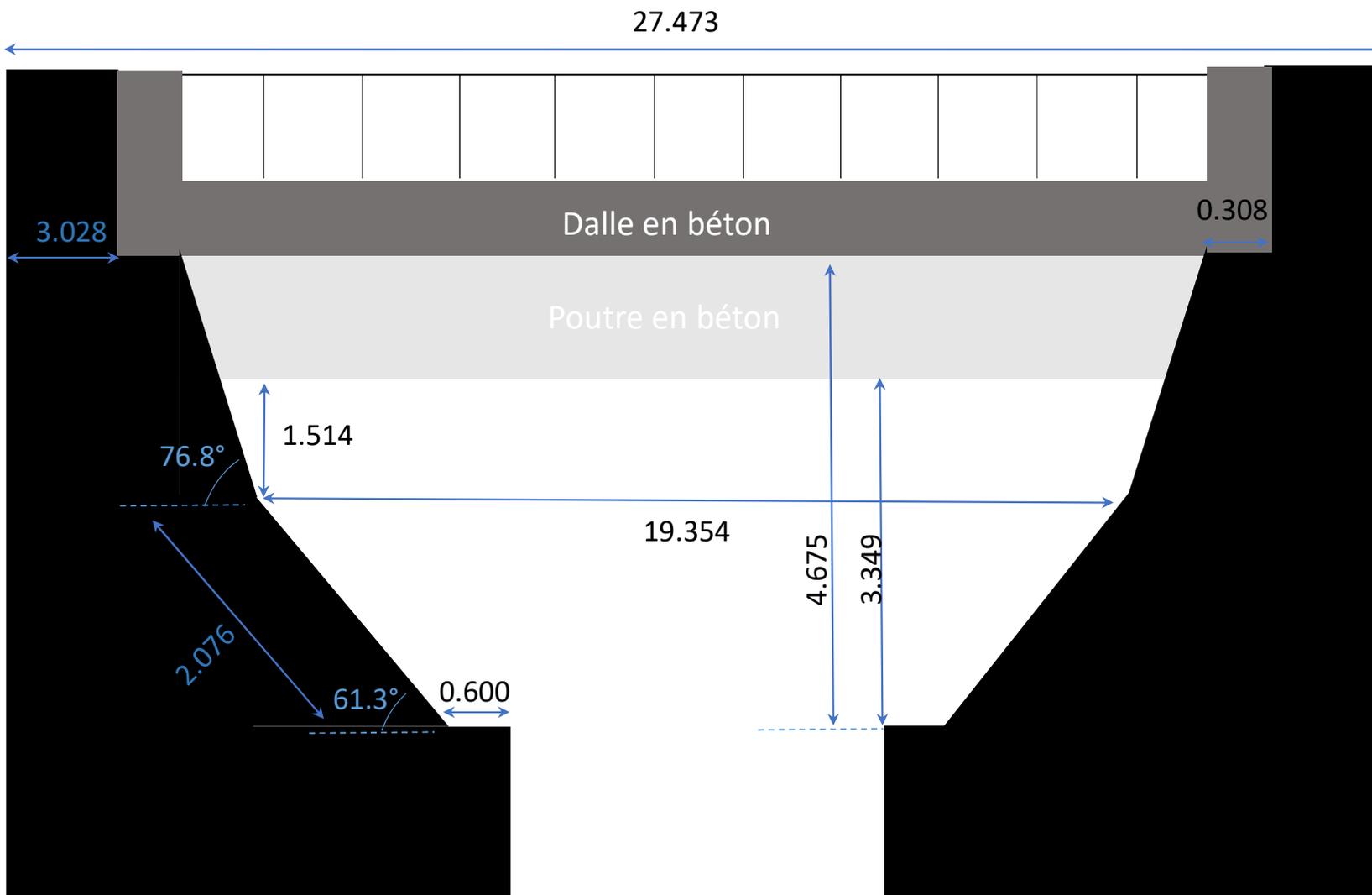


<b>Identifiant</b>	RAQ02
<b>Nom de la rivière</b>	À la Raquette
<b>Emplacement</b>	Chemin Sainte-Marie
<b>Face représentée (* symétrie amont/aval)</b>	Amont

Notes:

Profondeur culée-culée: 3.604m

<b>Unité</b>	m; dessin sans échelle
<b>Date de relevé</b>	23 Juin 2020
<b>Équipe terrain</b>	Équipe INRS



<b>Identifiant</b>	7826
<b>Nom de la rivière</b>	À la Raquette
<b>Emplacement</b>	Chemin Saint-Guillaume
<b>Face représentée</b> (* symétrie amont/aval)	Aval

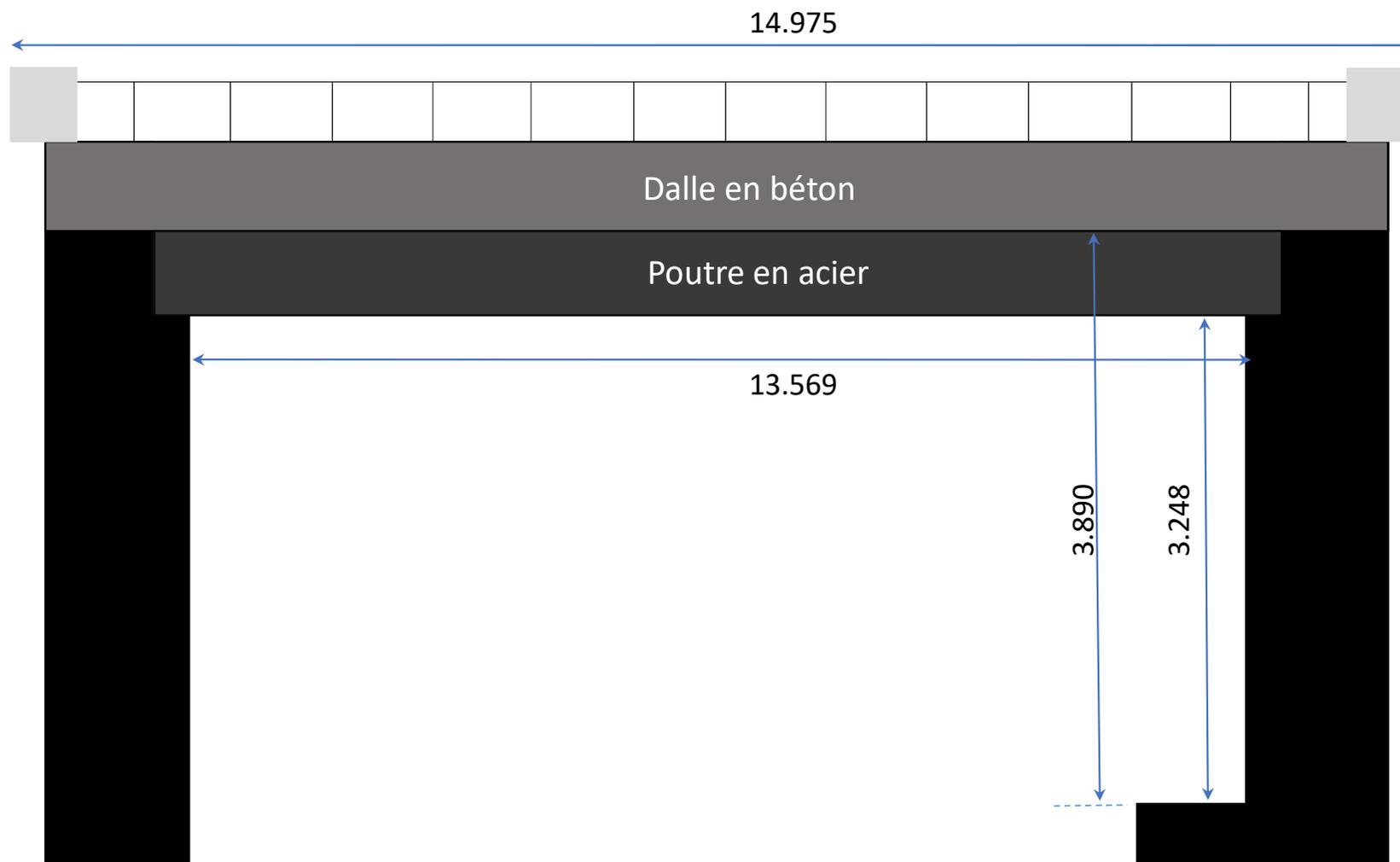
**Notes:**

La profondeur culée-culée est supposée égale à la largeur tablier.

La longueur a été mesurée à partir du croisement sol-tablier, soit la longueur totale de la section de travers.

Profondeur culée-culée: 8.622m

<b>Unité</b>	m; dessin sans échelle
<b>Date de relevé</b>	24 Juin 2020
<b>Équipe terrain</b>	Équipe INRS

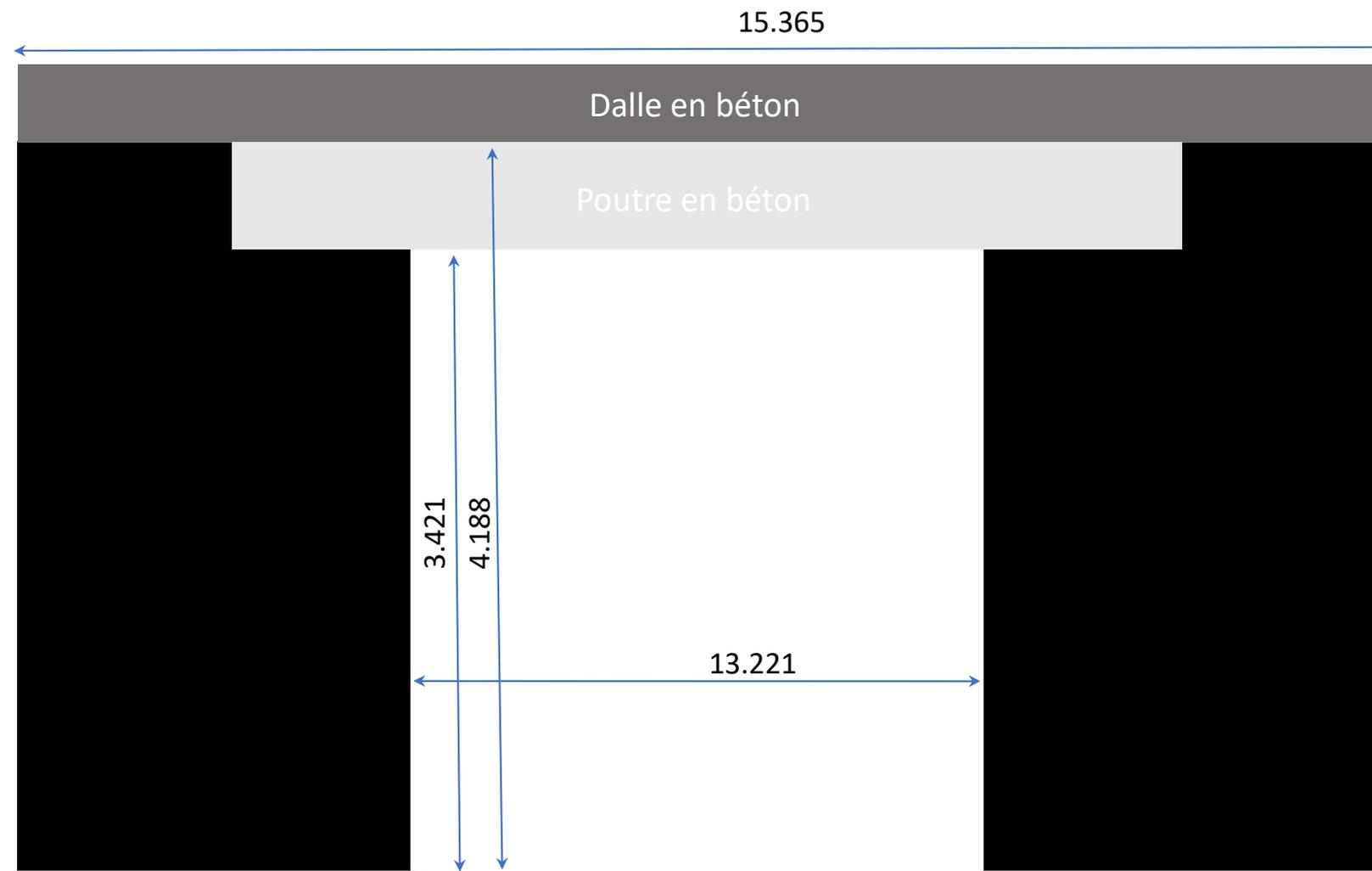


<b>Identifiant</b>	11565
<b>Nom de la rivière</b>	À la Raquette
<b>Emplacement</b>	Chemin Trianon
<b>Face représentée (* symétrie amont/aval)</b>	Aval

Notes:

Profondeur culée-culée: 5.226m  
 Largeur du tablier: 4.664m

<b>Unité</b>	m; dessin sans échelle
<b>Date de relevé</b>	24 Juin 2020
<b>Équipe terrain</b>	Équipe INRS



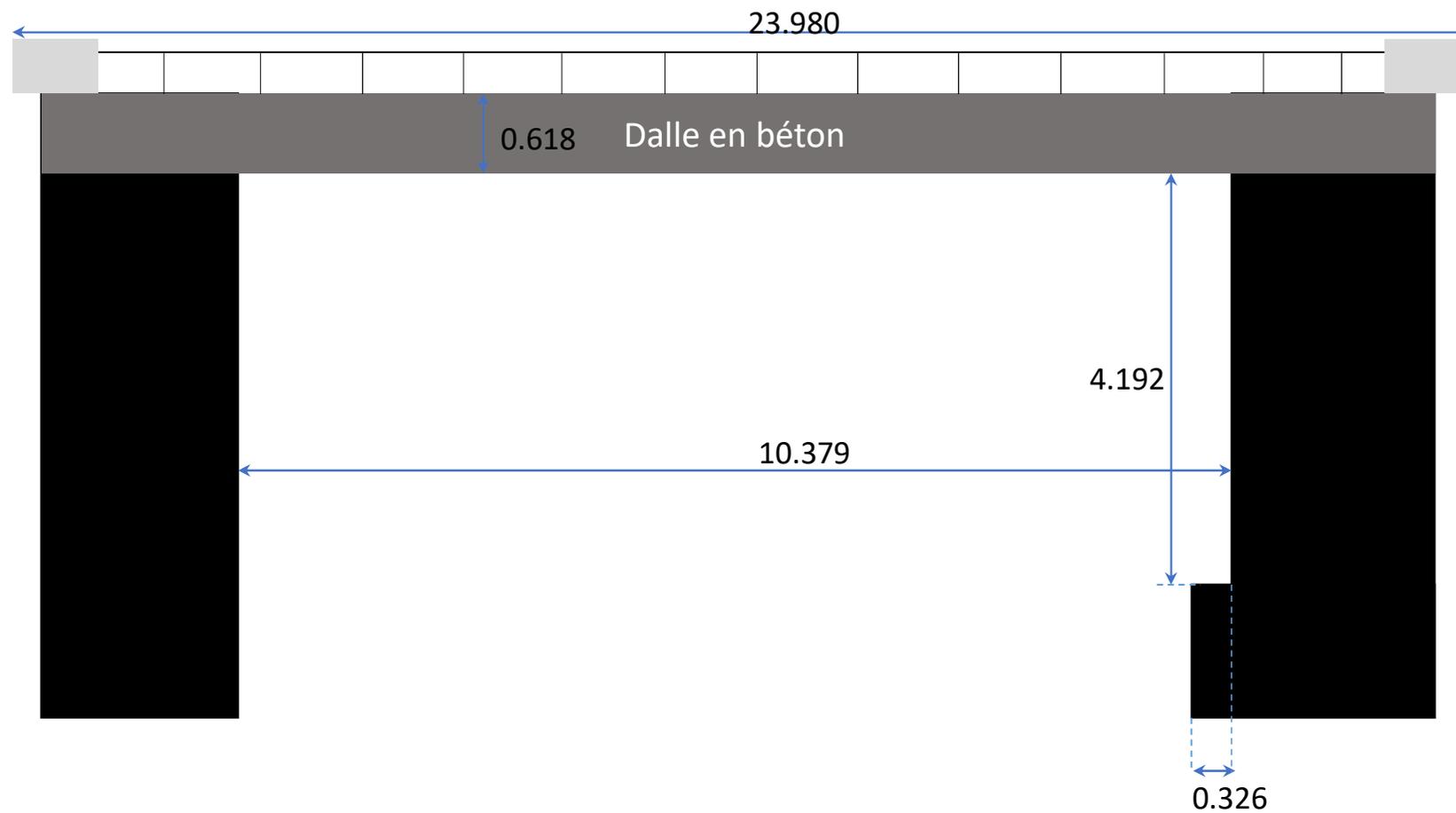
<b>Identifiant</b>	7821
<b>Nom de la rivière</b>	À la Raquette
<b>Emplacement</b>	Route 342
<b>Face représentée (* symétrie amont/aval)</b>	Amont

**Notes:**

Profondeur culée-culée: 6.762m  
 Largeur du tablier: 7.528m

<b>Unité</b>	m; dessin sans échelle
<b>Date de relevé</b>	24 Juin 2020
<b>Équipe terrain</b>	Équipe INRS

## 5.4 Rivière Dalesville



<b>Identifiant</b>	341
<b>Nom de la rivière</b>	Dalesville
<b>Emplacement</b>	Route 327
<b>Face représentée (* symétrie amont/aval)</b>	Aval

**Notes:**

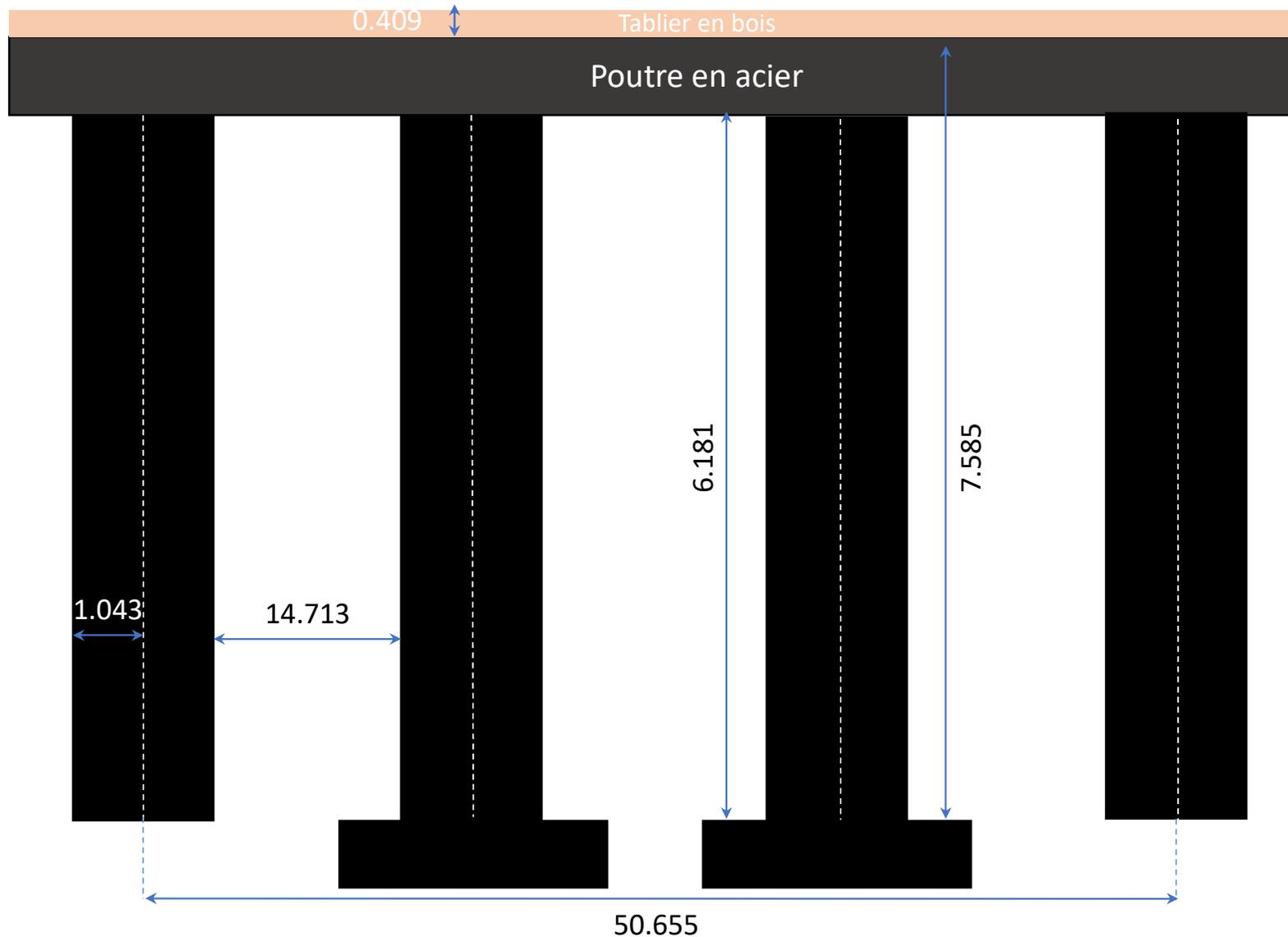
La longueur du tablier amont a également été mesurée:  
Longueur de la section de travers: 18.872m

Longueur de tablier seul: 11.885 m

Profondeur culée-culée: 9.351 m  
Largeur du tablier: 9.822 m

<b>Unité</b>	m; dessin sans échelle
<b>Date de relevé</b>	26 Juin 2020
<b>Équipe terrain</b>	Équipe INRS

## 5.5 Rivière du Nord



<b>Identifiant</b>	RdN01
<b>Nom de la rivière</b>	Du Nord
<b>Emplacement</b>	Chemin de fer
<b>Face représentée (* symétrie amont/aval)</b>	Aval

#### Notes:

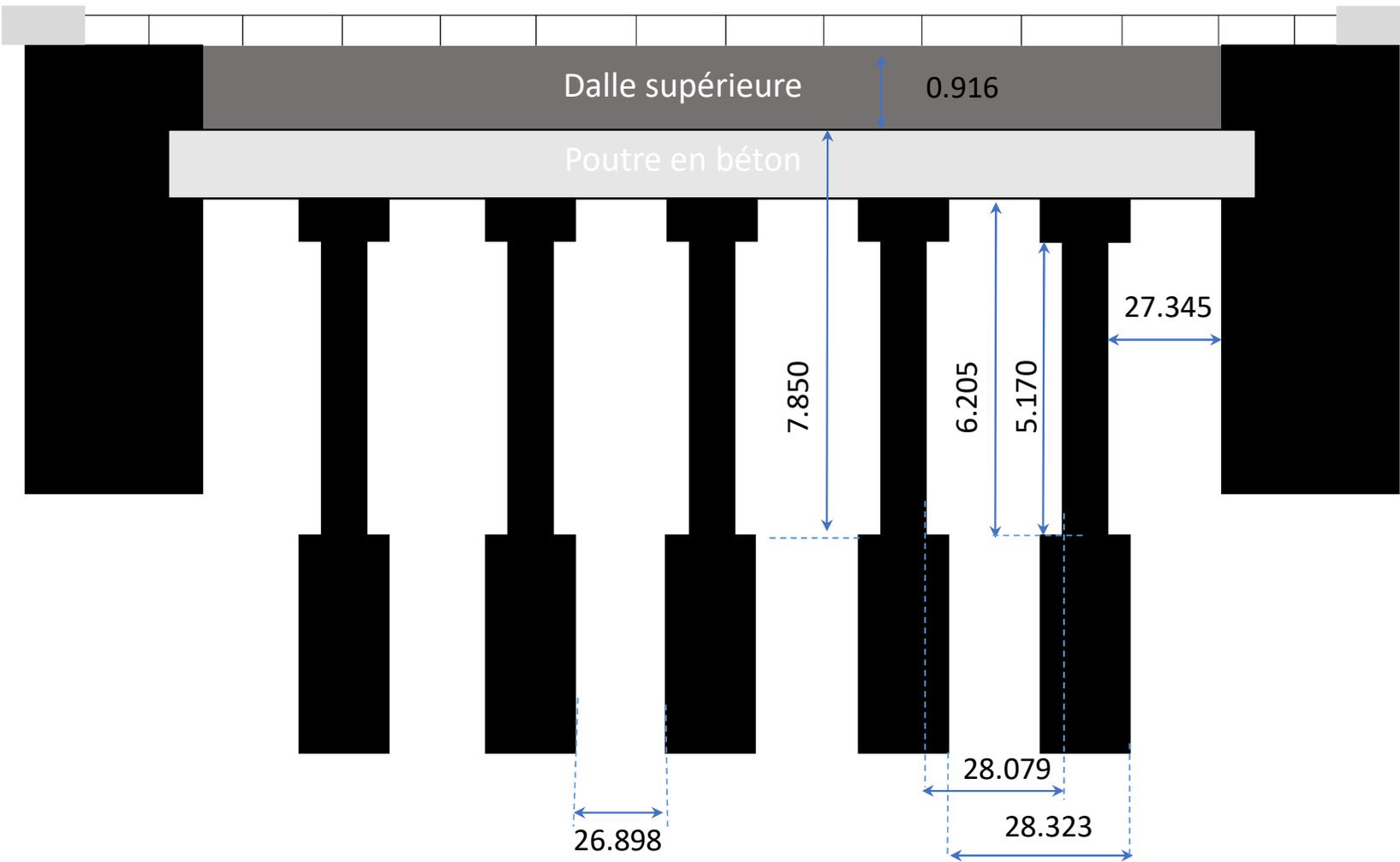
Les piliers possèdent des faces en angle pointu (voir les photos).

Étant donnée l'accessibilité limitée, il était impossible de mesurer l'épaisseur de la semelle. Elle peut être approximée à environ 70 cm.

La longueur de l'ouvrage était également impossible à mesurer.

Profondeur culée-culée: 6.377 m

<b>Unité</b>	m; dessin sans échelle
<b>Date de relevé</b>	24 Juin 2020
<b>Équipe terrain</b>	Équipe INRS

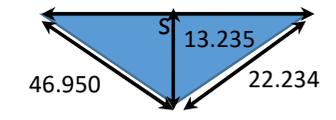


<b>Identifiant</b>	14749
<b>Nom de la rivière</b>	Du Nord
<b>Emplacement</b>	Autoroute 50
<b>Face représentée (* symétrie amont/aval)</b>	Amont

**Notes:**

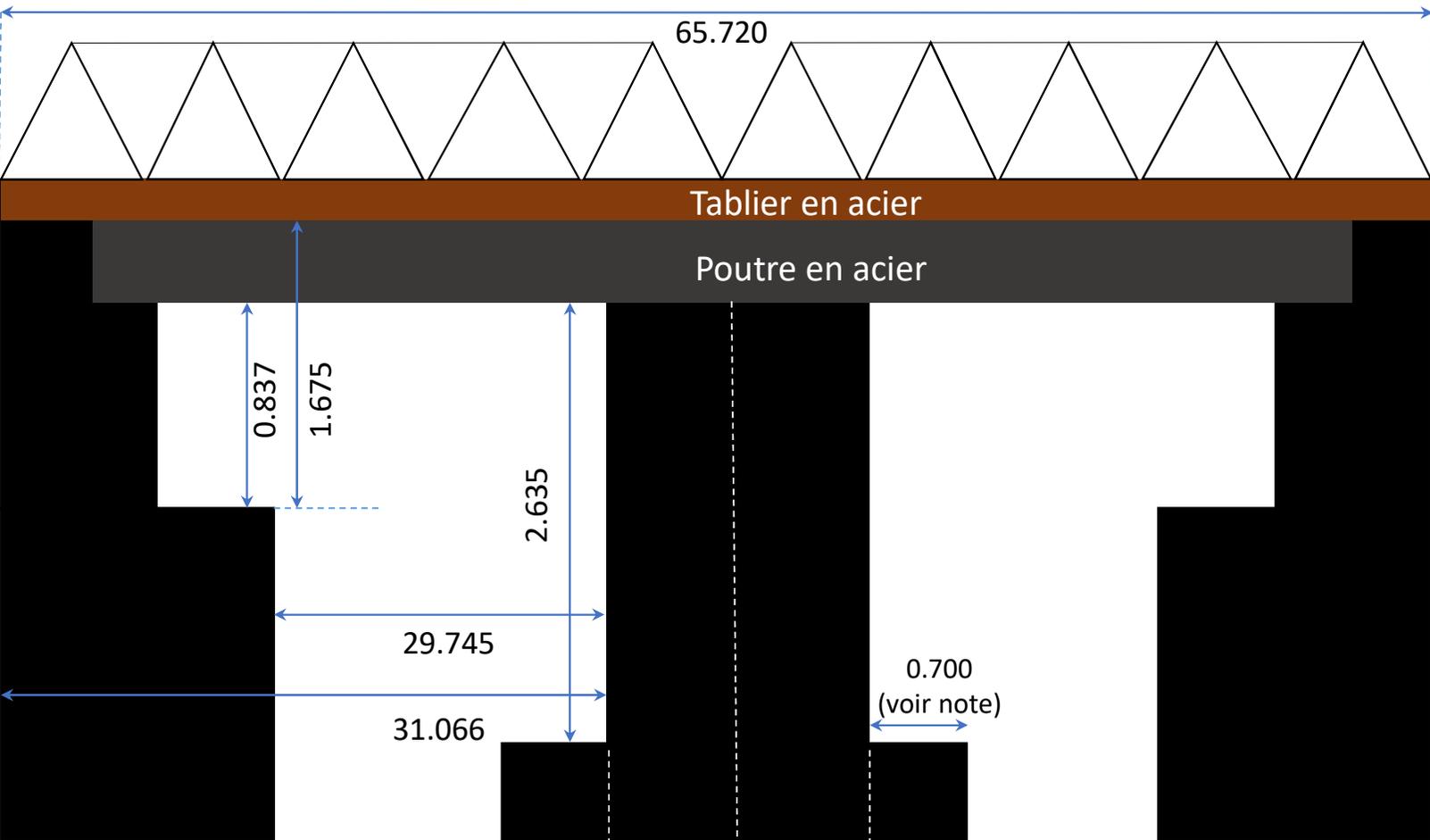
Les piliers sont composés de 8 poteaux arrondis, avec une semelle arrondie et un chapeau rectangulaire (voir les photos).

La longueur totale n'a pas pu être mesurée directement. Une prise de mesure par 3 points a été effectuée:



Longueur totale =  $s \times 3$   
 Profondeur semelle-semelle: 28.378m

<b>Unité</b>	m; dessin sans échelle
<b>Date de relevé</b>	25 Juin 2020
<b>Équipe terrain</b>	Équipe INRS



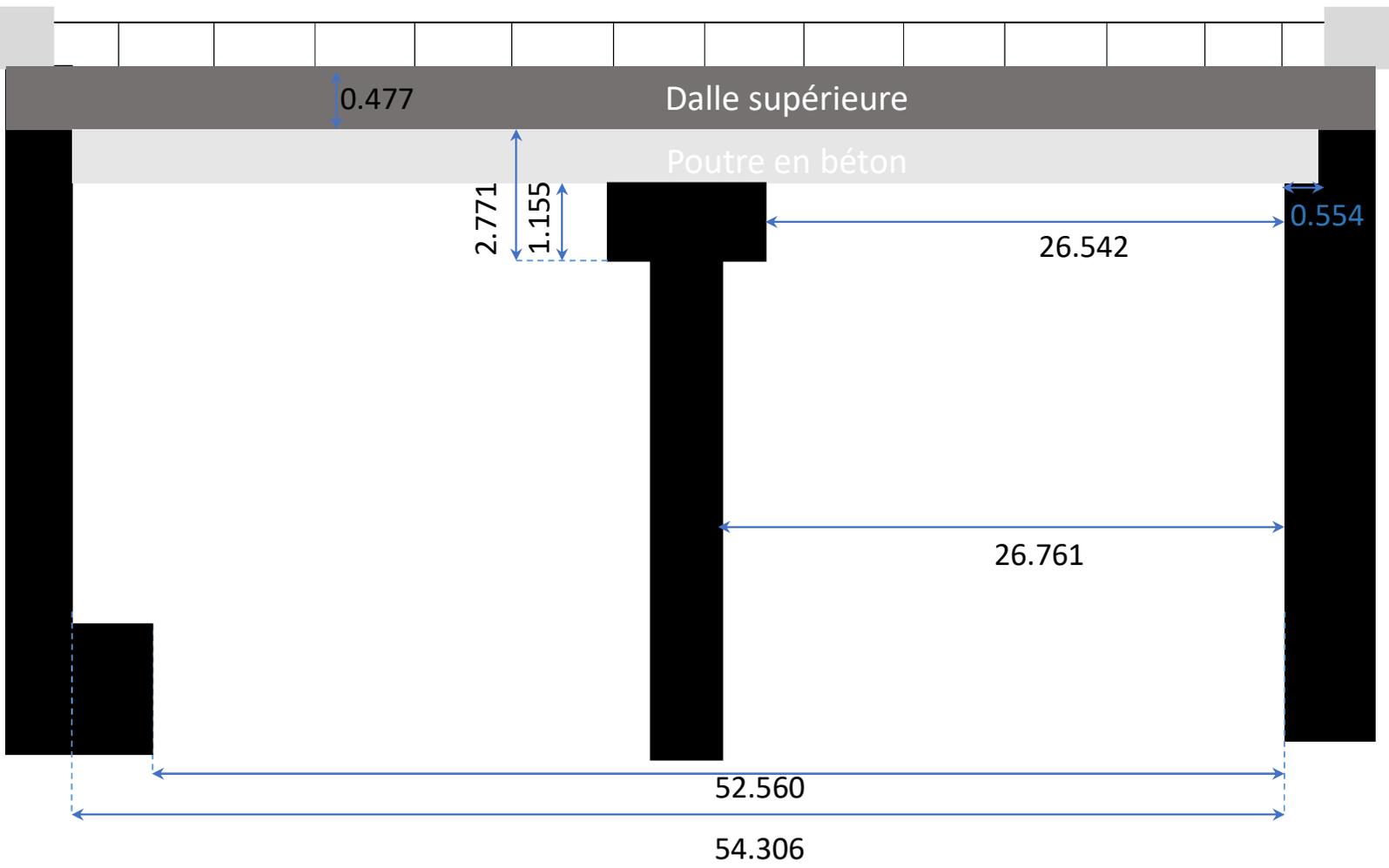
<b>Identifiant</b>	RdN02
<b>Nom de la rivière</b>	Du Nord
<b>Emplacement</b>	Chemin de fer
<b>Face représentée (* symétrie amont/aval)</b>	Aval

**Notes:**

Les piliers sont en pointe du côté amont (voir les photos).  
 Étant donnée l'accessibilité limitée, il était impossible de mesurer l'épaisseur de la semelle. Elle peut être approximée à environ 70 cm.

Profondeur culée-culée: 8.849 m

<b>Unité</b>	m; dessin sans échelle
<b>Date de relevé</b>	25 Juin 2020
<b>Équipe terrain</b>	Équipe INRS



<b>Identifiant</b>	422
<b>Nom de la rivière</b>	Du Nord
<b>Emplacement</b>	Rue Millway
<b>Face représentée (* symétrie amont/aval)</b>	Aval

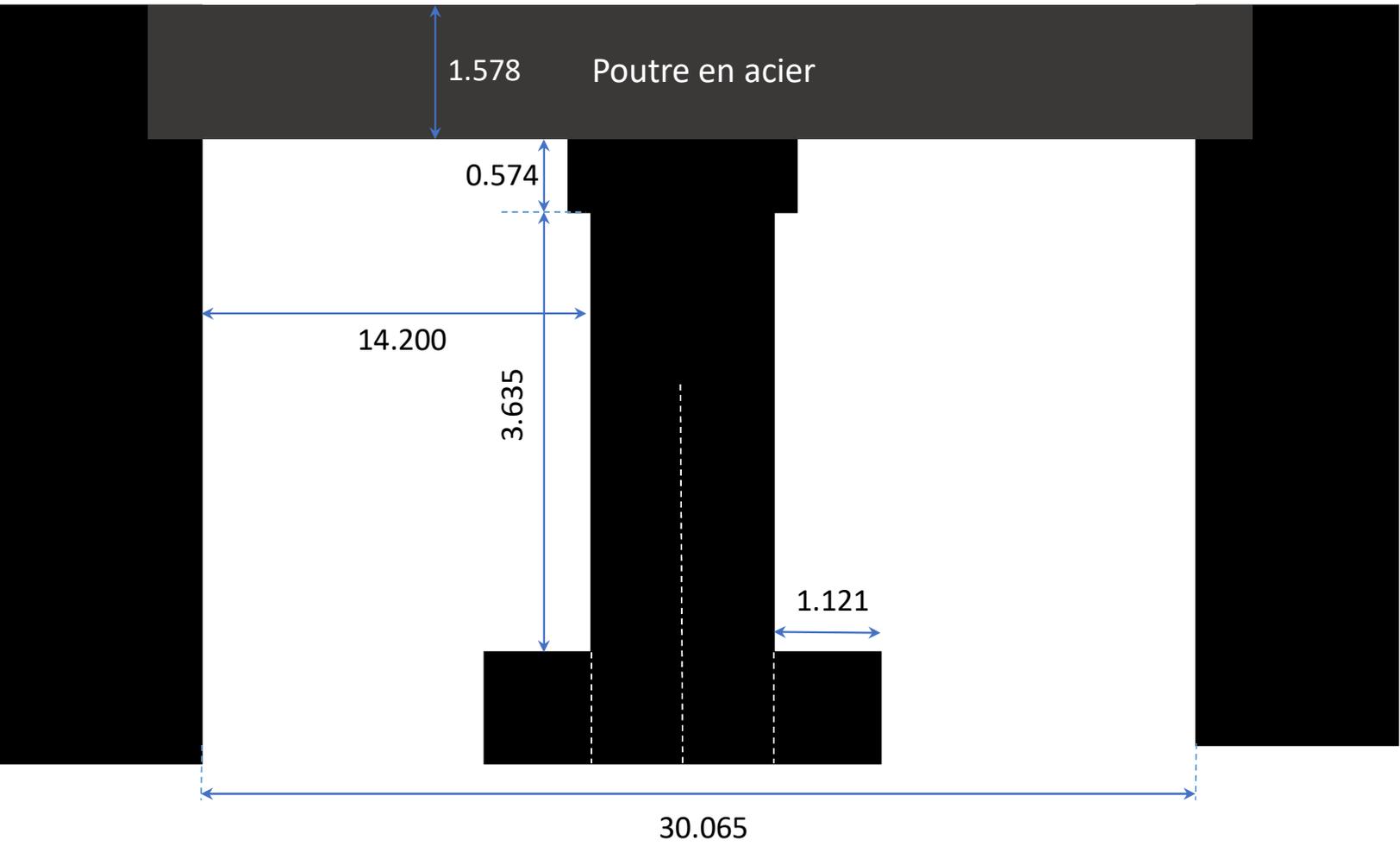
**Notes:**

Le pilier possède 3 poteaux arrondis, avec un chapeau rectangulaire (voir les photos).

Profondeur culée-culée: 11.277 m  
 Largeur du tablier: 11.503 m

<b>Unité</b>	m; dessin sans échelle
<b>Date de relevé</b>	25 Juin 2020
<b>Équipe terrain</b>	Équipe INRS

## 5.6 Rivière de l'Ouest



<b>Identifiant</b>	RdIO01
<b>Nom de la rivière</b>	De l'Ouest
<b>Emplacement</b>	Chemin de fer
<b>Face représentée (* symétrie amont/aval)</b>	Aval

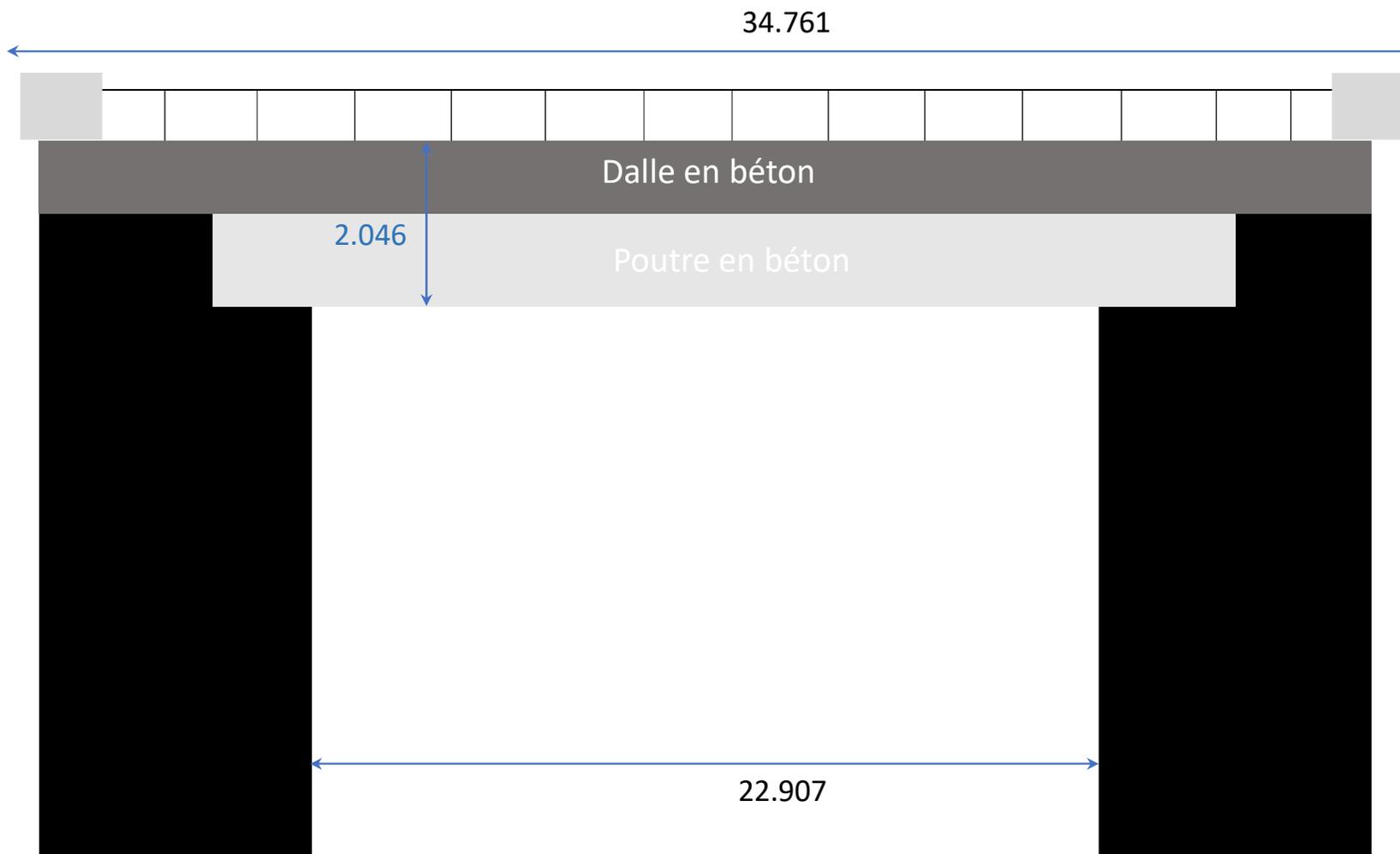
**Notes:**

Le pilier possède une face en pointe (voir les photos).  
 Prise de mesure sur la semelle:

Étant donné l'accessibilité limité, il était impossible de mesurer la longueur totale de l'ouvrage.

Profondeur culée-culée: 9.318 m

<b>Unité</b>	m; dessin sans échelle
<b>Date de relevé</b>	25 Juin 2020
<b>Équipe terrain</b>	Équipe INRS

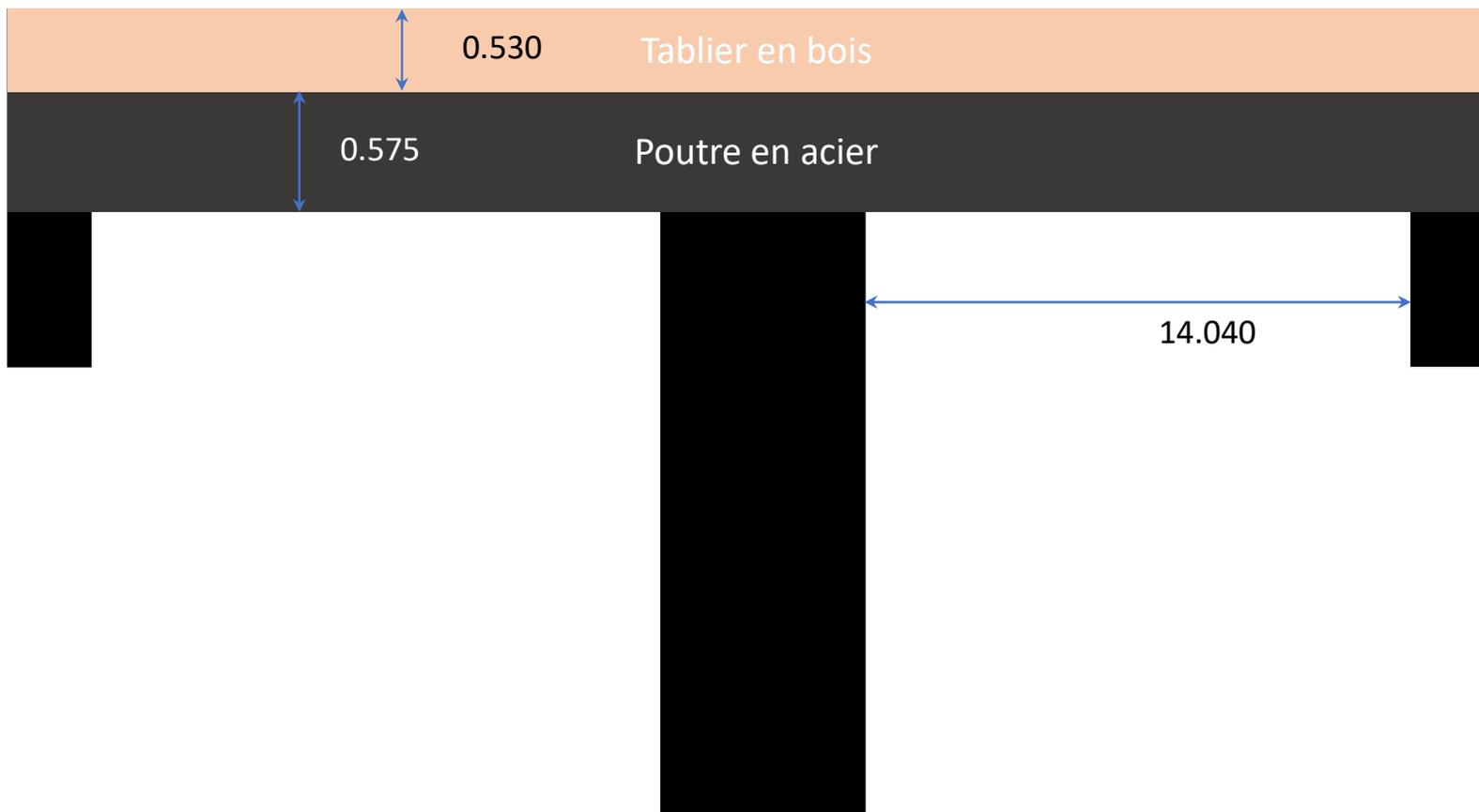


<b>Identifiant</b>	13957
<b>Nom de la rivière</b>	De l'Ouest
<b>Emplacement</b>	Route 148
<b>Face représentée (* symétrie amont/aval)</b>	Aval

Notes:

Profondeur culée-culée: 12.802 m

<b>Unité</b>	m; dessin sans échelle
<b>Date de relevé</b>	25 Juin 2020
<b>Équipe terrain</b>	Équipe INRS

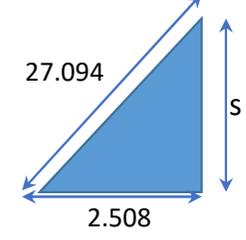


<b>Identifiant</b>	RdIO02
<b>Nom de la rivière</b>	De l'Ouest
<b>Emplacement</b>	Chemin privé
<b>Face représentée (* symétrie amont/aval)</b>	Aval

**Notes:**

Le pilier est composé de 3 poteaux arrondis (voir les photos).

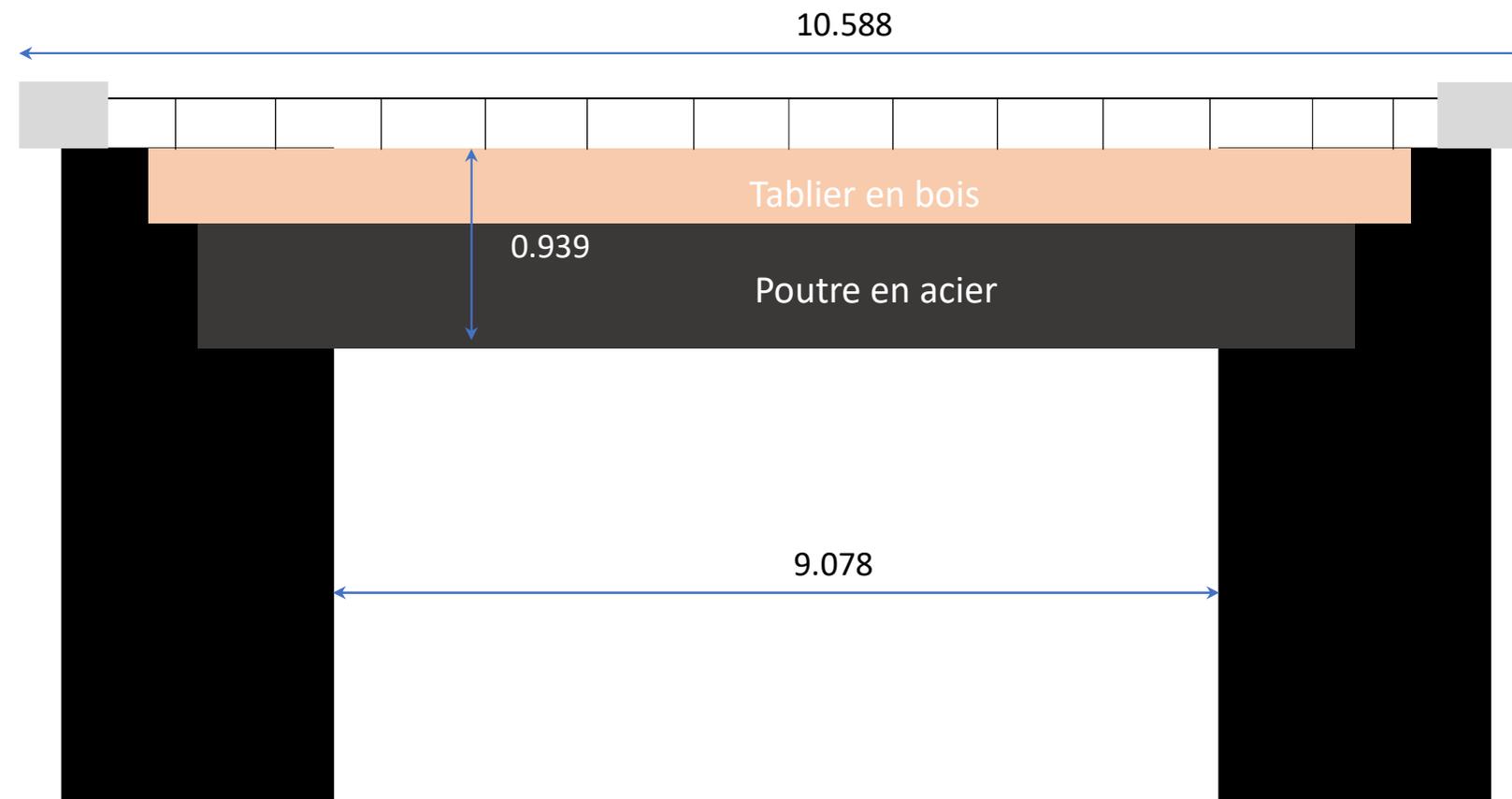
La longueur totale n'a pas pu être mesurée directement. Une prise de mesure par 2 points a été effectuée:



Longueur totale = s

Largeur du tablier: 4.335 m

<b>Unité</b>	m; dessin sans échelle
<b>Date de relevé</b>	25 Juin 2020
<b>Équipe terrain</b>	Équipe INRS

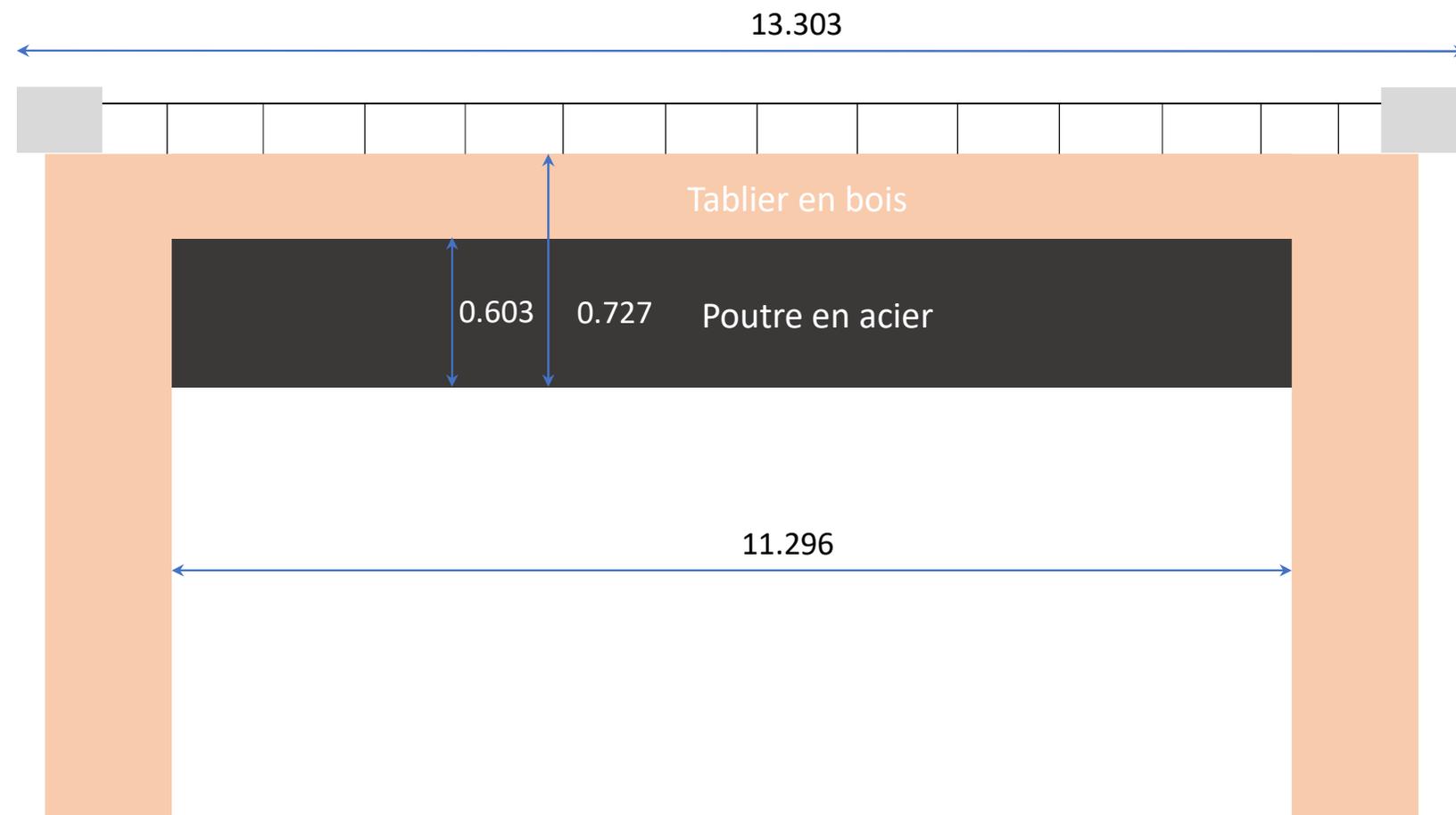


<b>Identifiant</b>	10712
<b>Nom de la rivière</b>	De l'Ouest
<b>Emplacement</b>	Rue Gagné
<b>Face représentée (* symétrie amont/aval)</b>	Amont

Notes:

Profondeur culée-culée: 3.692 m  
 Largeur du tablier: 4.833 m

<b>Unité</b>	m; dessin sans échelle
<b>Date de relevé</b>	26 Juin 2020
<b>Équipe terrain</b>	Équipe INRS

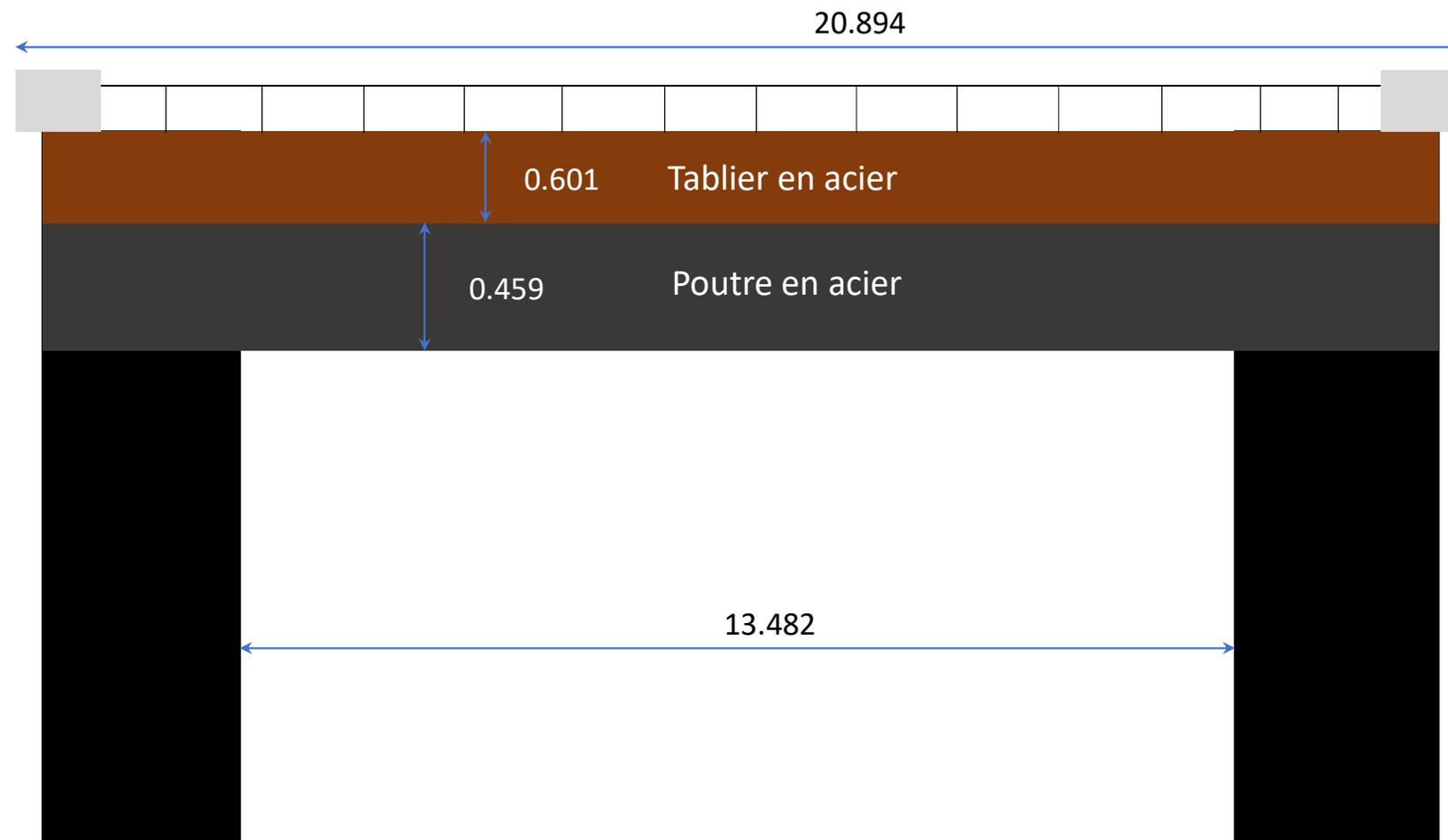


<b>Identifiant</b>	RdIO06
<b>Nom de la rivière</b>	De l'Ouest
<b>Emplacement</b>	Chemin privé
<b>Face représentée (* symétrie amont/aval)</b>	Aval

Notes:

Profondeur culée-culée: 4.380 m  
 Largeur du tablier: 3.727 m

<b>Unité</b>	m; dessin sans échelle
<b>Date de relevé</b>	26 Juin 2020
<b>Équipe terrain</b>	Équipe INRS



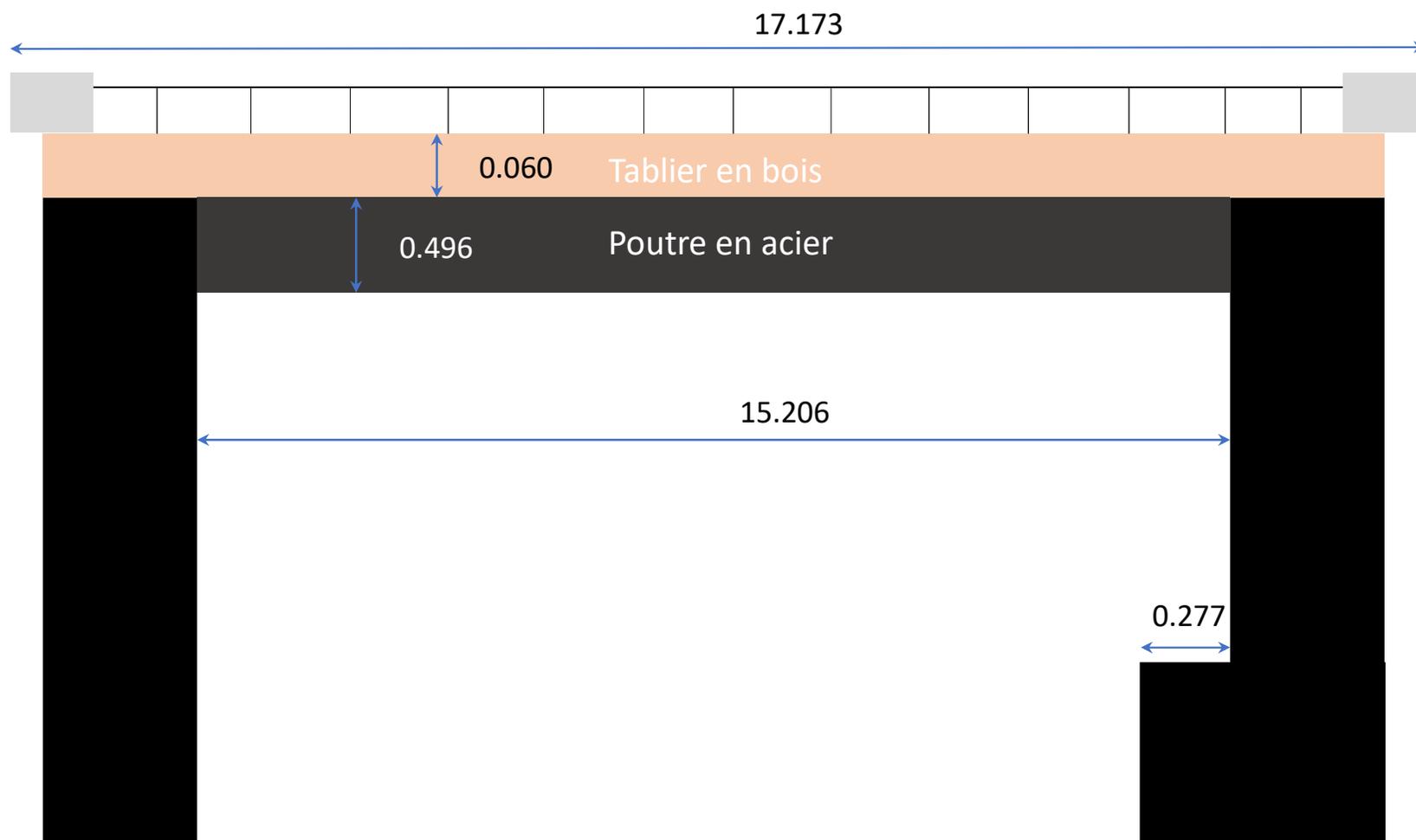
<b>Identifiant</b>	RdlO05
<b>Nom de la rivière</b>	De l'Ouest
<b>Emplacement</b>	Chemin privé
<b>Face représentée (* symétrie amont/aval)</b>	Amont

**Notes:**

La longueur a été mesurée à partir du croisement sol-tablier, soit la longueur totale de la section de travers.

Profondeur culée-culée: 4.707m  
 Largeur du tablier: 4.804 m

<b>Unité</b>	m; dessin sans échelle
<b>Date de relevé</b>	26 Juin 2020
<b>Équipe terrain</b>	Équipe INRS



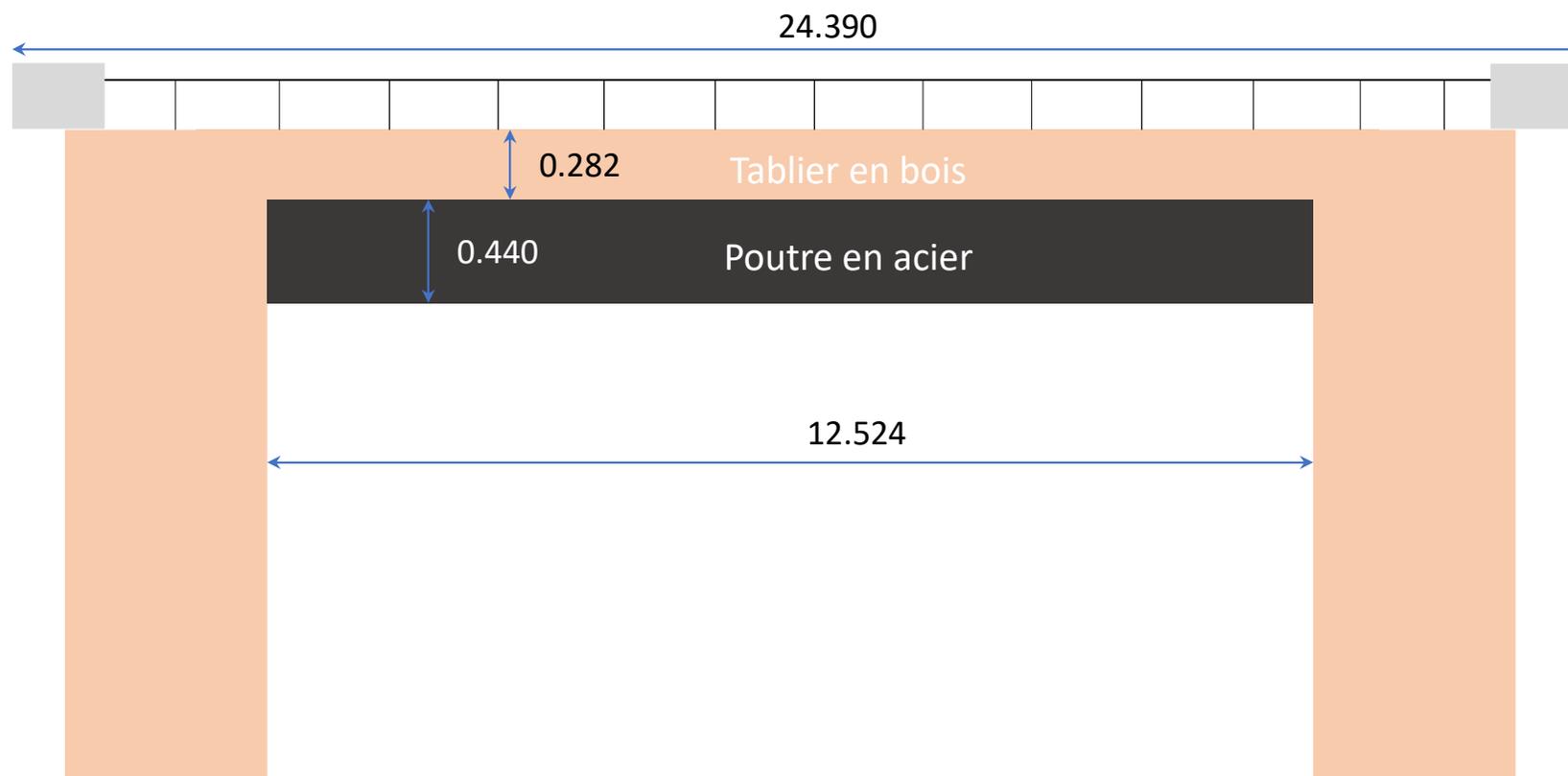
<b>Identifiant</b>	RdlO04
<b>Nom de la rivière</b>	De l'Ouest
<b>Emplacement</b>	Chemin privé
<b>Face représentée (* symétrie amont/aval)</b>	Aval

**Notes:**

La longueur a été mesurée à partir du croisement sol-tablier, soit la longueur totale de la section de travers.

Profondeur culée-culée: 4.590 m  
Largeur du tablier: 5.020 m

<b>Unité</b>	m; dessin sans échelle
<b>Date de relevé</b>	26 Juin 2020
<b>Équipe terrain</b>	Équipe INRS



<b>Identifiant</b>	9369
<b>Nom de la rivière</b>	De l'Ouest
<b>Emplacement</b>	Rue Lépine
<b>Face représentée</b> (* symétrie amont/aval)	Aval

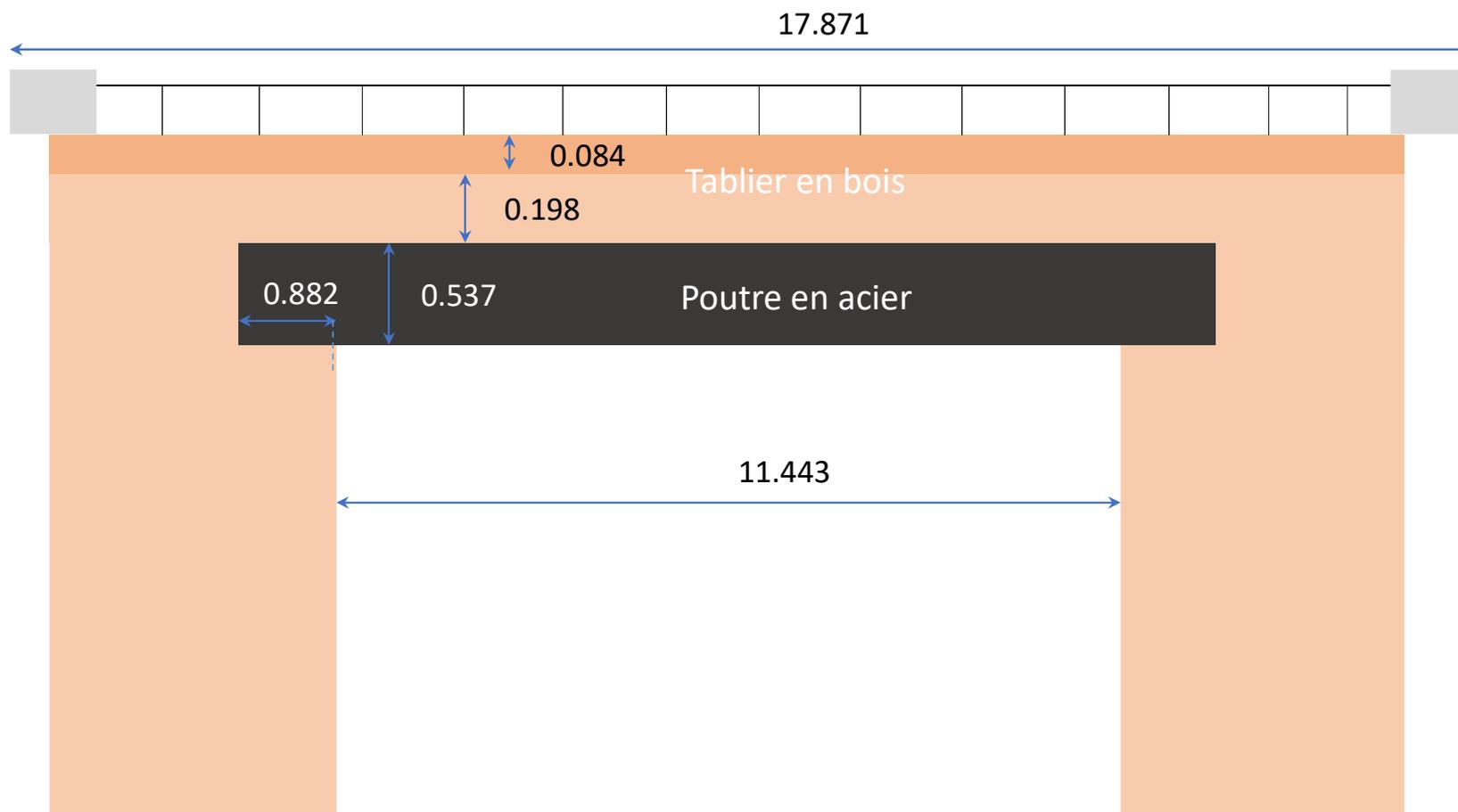
**Notes:**

La longueur a été mesurée à partir du croisement sol-tablier, soit la longueur totale de la section de travers.

La longueur du tablier seul a également été mesurée: 16.357m.

Profondeur culée-culée: 7.004 m  
Largeur du tablier: 5.570 m

<b>Unité</b>	m; dessin sans échelle
<b>Date de relevé</b>	26 Juin 2020
<b>Équipe terrain</b>	Équipe INRS



<b>Identifiant</b>	354
<b>Nom de la rivière</b>	De l'Ouest
<b>Emplacement</b>	Chemin du Domaine-des-Voisins
<b>Face représentée (* symétrie amont/aval)</b>	Aval

**Notes:**

La longueur a été mesurée à partir du croisement sol-tablier, soit la longueur totale de la section de travers.

La longueur du tablier seul a également été mesurée: 13.576 m

Profondeur culée-culée: 8.089 m  
Largeur du tablier: 7.687 m

<b>Unité</b>	m; dessin sans échelle
<b>Date de relevé</b>	26 Juin 2020
<b>Équipe terrain</b>	Équipe INRS

## Annexe 1 Liste des ponts à relever

Numéro de pont	Numéro de dossier	Latitude	Longitude	Propriété du pont	Rivière	MRC
P01	17783	45.289426°	-74.176990°	MTQ	Delisle	MRCVS
P02	13516	45.290631°	-74.183950°	MTQ	Delisle	MRCVS
P03	Del01	45.292592°	-74.199099°		Delisle	MRCVS
P04	Del02	45.274568°	-74.245911°		Delisle	MRCVS
P05	7821	45.480443°	-74.260300°	MTQ	Raquette	MRCVS
P06	11565	45.475700°	-74.255250°	MTQ	Raquette	MRCVS
P07	7830	45.385400°	-74.307560°	MTQ	Raquette	MRCVS
P08	Raq01	45.385228°	-74.309527°		Raquette	MRCVS
P09	Raq02	45.386229°	-74.316134°		Raquette	MRCVS
P10	* Rou01	45.302183°	-74.180982°		Rouge	MRCVS
P11	14749	45.624776°	-74.371320°	MTQ	du Nord	MRCA
P12	422	45.653146°	-74.344570°	MTQ	du Nord	MRCA
P13	RdN01	45.564592°	-74.335082°		du Nord	MRCA
P14	RdN02	45.654782°	-74.340603°		du Nord	MRCA
P15	13957	45.654810°	-74.344090°	MTQ	de l'Ouest	MRCA
P16	10712	45.740834°	-74.484445°	MTQ	de l'Ouest	MRCA
P17	9369	45.748154°	-74.481759°	MTQ	de l'Ouest	MRCA
P18	354	45.755563°	-74.477030°	MTQ	de l'Ouest	MRCA
P19	RdlO01	45.654301°	-74.343565°		de l'Ouest	MRCA
P20	RdlO02	45.655056°	-74.346685°		de l'Ouest	MRCA
P21	* RdlO03	45.673895°	-74.410725°		de l'Ouest	MRCA
P22	RdlO04	45.730719°	-74.487251°		de l'Ouest	MRCA
P23	RdlO05	45.733800°	-74.485055°		de l'Ouest	MRCA
P24	RdlO06	45.735065°	-74.485357°		de l'Ouest	MRCA
P25	341	45.674780°	-74.394690°		Dalesville	MRCA

\*La MRC de Vaudreuil-Soulanges et la MRC d'Argenteuil vont communiquer avec les propriétaires des terrains afin d'obtenir une permission d'accès aux sites.



## Annexe 2 Détails des écarts constatés pour la double prise de mesure des cinq premiers ouvrages relevés

Tableau 7: Écarts constatés pour la double prise de mesure des ouvertures du pont 17783 sur la rivière Delisle

Composants	#	Description	Mesure station totale Trimble S6 3''	Mesure Laser DISTO™	Différence
Tablier	1	Longueur du tablier	N/A	N/A	
	2	Épaisseur du tablier en rive gauche	0.893	0.883	0.010
	3	Épaisseur du tablier en rive droite	0.8215	N/A	
Ouvrage	4	Longueur de l'ouvrage	21.945	22.060	0.115
Pilier	5.11	Épaisseur du 1re pilier face interne (haut)	N/A	N/A	
	5.12	Épaisseur du 1re pilier face interne (bas)	N/A	N/A	
	5.21	Épaisseur du 2re pilier face interne (haut)	N/A	N/A	
	5.22	Épaisseur du 2re pilier face interne (bas)	N/A	N/A	
	5.31	Épaisseur du 3re pilier face interne (haut)	N/A	N/A	
	5.32	Épaisseur du 3re pilier face interne (bas)	N/A	N/A	
Semelle	6	Épaisseur de la semelle de pilier	N/A	N/A	
Culée	7	Hauteur de la culée à rive gauche (de la route jusqu'au terrain ou l'eau)	3.296	3.321	0.025
	8	Largeur de la culée à rive gauche (de la route jusqu'au terrain ou l'eau)	N/A	N/A	
	9	Hauteur de la culée à rive droite (de la route jusqu'au terrain ou l'eau)	N/A	N/A	
	10	Largeur de la culée à rive droite (de la route jusqu'au terrain ou l'eau)	N/A	N/A	

**Tableau 8: Écarts constatés pour la double prise de mesure des ouvertures du pont 13516 sur la rivière Delisle**

<b>Composants</b>	<b>#</b>	<b>Description</b>	<b>Mesure station totale trimble S6 3''</b>	<b>Mesure Laser DISTO™</b>	<b>Différence</b>
<i>Tablier</i>	1	Largeur du tablier (sans la passerelle)	10.967	11.013	0.046
	2	Épaisseur du tablier en rive gauche	N/A	N/A	
	3	Épaisseur du tablier en rive droite	N/A	N/A	
<i>Ouvrage</i>	4	Longueur de l'ouvrage			
	5.11	Hauteur maximale de l'ouverture à gauche du 1 <sup>er</sup> pilier	3.188	3.145	0.043
<i>Pilier</i>	5.12	Épaisseur du 1re pilier face interne (bas)	1.156	1.168	0.012
	5.21	Épaisseur du 2re pilier face interne (haut)	N/A	N/A	
	5.22	Épaisseur du 2re pilier face interne (bas)	N/A	N/A	
	5.31	Épaisseur du 3re pilier face interne (haut)	N/A	N/A	
	5.32	Épaisseur du 3re pilier face interne (bas)	N/A	N/A	
<i>Semelle</i>	6	Épaisseur de la semelle de pilier	N/A	N/A	
	7	Hauteur de la culée à rive gauche (de la route jusqu'au terrain ou l'eau)	N/A	N/A	
<i>Culée</i>	8	Largeur de la culée à rive gauche (de la route jusqu'au terrain ou l'eau)	N/A	N/A	
	9	Hauteur de la culée à rive droite (de la route jusqu'au terrain ou l'eau)	N/A	N/A	
	10	Largeur de la culée à rive droite (de la route jusqu'au terrain ou l'eau)	N/A	N/A	

**Tableau 9: Écarts constatés pour la double prise de mesure des ouvertures du pont DEL01 sur la rivière Delisle**

<b>Composants</b>	<b>#</b>	<b>Description</b>	<b>Mesure station totale trimble S6 3''</b>	<b>Mesure Laser DISTO™</b>	<b>Différence</b>
<i>Tablier</i>	1	Longueur du tablier	N/A	N/A	
	2	Épaisseur du tablier en rive gauche	N/A	N/A	
	3	Hauteur chapeau de culée en rive droite	0.261	0.254	0.007
<i>Ouvrage</i>	4	Longueur de l'ouvrage (Bas de culée)	21.920	22.151	0.231
<i>Pilier</i>	5.11	Épaisseur du 1re pilier face interne (haut)	N/A	N/A	
	5.12	Épaisseur du 1re pilier face interne (bas)	N/A	N/A	
	5.21	Épaisseur du 2re pilier face interne (haut)	N/A	N/A	
	5.22	Épaisseur du 2re pilier face interne (bas)	N/A	N/A	
	5.31	Épaisseur du 3re pilier face interne (haut)	N/A	N/A	
	5.32	Épaisseur du 3re pilier face interne (bas)	N/A	N/A	
<i>Semelle</i>	6	Épaisseur de la semelle de pilier	N/A	N/A	
	7	Hauteur de la culée à rive gauche (du bas de tablier jusqu'au haut de la semelle)	3.275	3.275	0
<i>Culée</i>	8	Hauteur de la culée en rive gauche, du bas de chapeau au haut de la semelle	2.531	2.581	0.050
	9	Hauteur de la culée à rive droite (de la route jusqu'au terrain ou l'eau)	N/A	N/A	
	10	Largeur de la culée à rive droite (de la route jusqu'au terrain ou l'eau)	N/A	N/A	

**Tableau 10: Écarts constatés pour la double prise de mesure des ouvertures du pont DEL02 sur la rivière Delisle**

<b>Composants</b>	<b>#</b>	<b>Description</b>	<b>Mesure station totale trimble S6 3''</b>	<b>Mesure Laser DISTO™</b>	<b>Différence</b>
<i>Tablier</i>	1	Longueur du tablier	N/A	N/A	
	2	Épaisseur du tablier en rive gauche	N/A	N/A	
	3	Épaisseur du tablier en rive droite	N/A	N/A	
<i>Ouvrage</i>	4	Longueur de l'ouvrage (bas de culée)	37.869	38.082	0.213
<i>Pilier</i>	5.11	Épaisseur du 1re pilier face interne (haut)	N/A	N/A	
	5.12	Épaisseur du 1re pilier face interne (bas)	N/A	N/A	
	5.21	Épaisseur du 2re pilier face interne (haut)	N/A	N/A	
	5.22	Épaisseur du 2re pilier face interne (bas)	N/A	N/A	
	5.31	Épaisseur du 3re pilier face interne (haut)	N/A	N/A	
	5.32	Épaisseur du 3re pilier face interne (bas)	N/A	N/A	
<i>Semelle</i>	6	Épaisseur de la semelle de pilier	N/A	N/A	
<i>Culée</i>	7	Hauteur de la culée à rive gauche (du bas de tablier jusqu'au haut de la semelle)	0.453	0.568	0.115
	8	Largeur de la culée à rive gauche (de la route jusqu'au terrain ou l'eau)	N/A	N/A	
	9	Hauteur de la culée à rive droite (de la route jusqu'au terrain ou l'eau)	N/A	N/A	
	10	Largeur de la culée à rive droite (de la route jusqu'au terrain ou l'eau)	N/A	N/A	

À noter : Les conditions météorologiques observées lors de la prise de mesure (pluie intense) sont potentiellement responsables d'erreurs sur le relevé par la station totale. Également, l'accès étant limité sur le tablier (chemin de fer) et sous le pont dû à la végétation et au débit du cours d'eau, plusieurs mesures n'ont pas été prises sur le terrain.

**Tableau 11: Écarts constatés pour la double prise de mesure des ouvertures du pont ROU01 sur la rivière Rouge**

<b>Composants</b>	<b>#</b>	<b>Description</b>	<b>Mesure station totale trimble S6 3''</b>	<b>Mesure Laser DISTO™</b>	<b>Différence</b>
<i>Tablier</i>	1	Longueur du tablier	N/A	N/A	
	2	Épaisseur du tablier en rive gauche	N/A	N/A	
	3	Épaisseur du tablier en rive droite	N/A	N/A	
<i>Ouvrage</i>	4	Longueur de l'ouvrage	N/A	N/A	
	5.11	Épaisseur du 1re pilier face interne (haut)	N/A	N/A	
<i>Pilier</i>	5.12	Épaisseur du 1re pilier face interne (bas)	N/A	N/A	
	5.21	Épaisseur du 2re pilier face interne (haut)	N/A	N/A	
	5.22	Épaisseur du 2re pilier face interne (bas)	N/A	N/A	
	5.31	Épaisseur du 3re pilier face interne (haut)	N/A	N/A	
	5.32	Épaisseur du 3re pilier face interne (bas)	N/A	N/A	
<i>Semelle</i>	6	Épaisseur de la semelle de pilier	N/A	N/A	
	7	Hauteur de la culée à rive gauche (de la route jusqu'au terrain ou l'eau)	N/A	N/A	
<i>Culée</i>	8	Largeur de la culée à rive gauche (de la route jusqu'au terrain ou l'eau)	N/A	N/A	
	9	Hauteur de la culée à rive droite (de la route jusqu'au terrain ou l'eau)	N/A	N/A	
	10	Largeur de la culée à rive droite (de la route jusqu'au terrain ou l'eau)	N/A	N/A	

À noter : Dû aux conditions extérieures, soit la présence d'une couverture végétale importante et l'impossibilité d'aller sur le tablier du pont (chemin de fer), les données prises par le robot et le laser sont limitées. Il est donc impossible de comparer l'ensemble, les deux étant complémentaires.

## **Annexe 3 Références**

CMM (2019), Levés laser aéroportés (LiDAR), traitement et classification des données, 85 pp, Arpentage-PHB, Communauté métropolitaine de Montréal, Canada.