

CANAL SEINE-NORD-EUROPE MAITRISE D'ŒUVRE – ECLUSES ET SYSTÈMES

10/10/2023 Conférence CERES

**Études hydrauliques par modélisation hybride de
l'écluse de Oisy-le-Verger (25 m de chute)**



ÉTUDES HYDRAULIQUES PAR MODÉLISATION HYBRIDE DE L'ÉCLUSE DE OISY-LE-VERGER (25M DE CHUTE)

M. B. BRACHET,
Responsable hydraulique, Objectif Nord Europe (EGIS), France

M. N. NERINCX,
Chef de projet, Objectif Nord Europe (ISL-DN&T), Belgique

Mme C. SWARTENBROEKX,
Attachée qualifiée, Direction des Recherches hydrauliques du SPW Mobilité et Infrastructures, Belgique.



PLAN DE LA PRÉSENTATION

Introduction au projet Canal Seine-Nord Europe et ses acteurs

Conception générale des écluses du Canal Seine Nord Europe

L'hydraulique des écluses de moyenne et haute chute : challenges et innovations

La modélisation hybride (numérique et physique) au service de la conception

Modélisation physique de l'écluse de haute chute de Oisy-le-Verger



Introduction au projet Canal Seine-Nord Europe et ses acteurs

INTRODUCTION AU PROJET CANAL SEINE-NORD EUROPE ET SES ACTEURS

Le réseau fluvial européen : 38 000 km

- dont 20 000 km à grand gabarit (> 1 000 tonnes)

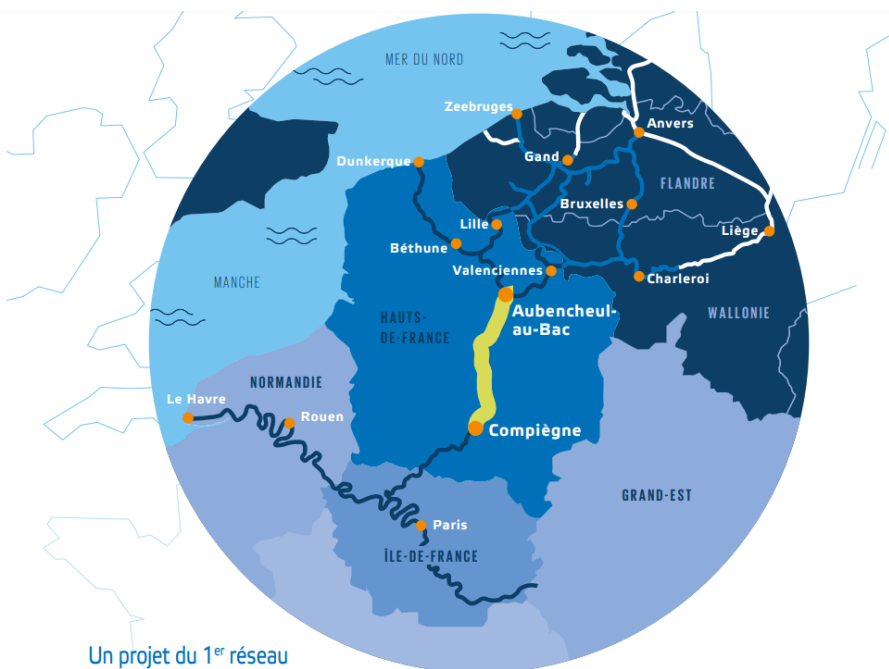
- desservant les grandes aires urbaines européennes et les ports

- ~550 MT de marchandises transportées et 150 mds de t-km (France 52,5 MT / 6,9 mds-t-km en 2021)
- 7,2 % de part modale du transport fluvial en Europe
 - Allemagne : 13%
 - Belgique : 18%
 - Pays-Bas : 45%
 - France : ~2% → un réseau à grand gabarit peu connecté à l'UE
 - Bassin du Rhin et de la Moselle : ~15%
 - Bassin de la Seine : ~15% (~22 MT)
 - Bassin du Nord-Pas de Calais : ~7% (~10 MT)
 - Axe Nord-Sud : ~3% (~2 MT)

European Inland Waterways UN/ECE-Classification

- | | |
|---|---|
|  international |  Capital |
|  regional |  Other |
|  local |  National boundary |
|  Sea ports (selection) | |
|  Important Economic Area | |

INTRODUCTION AU PROJET CANAL SEINE-NORD EUROPE ET SES ACTEURS



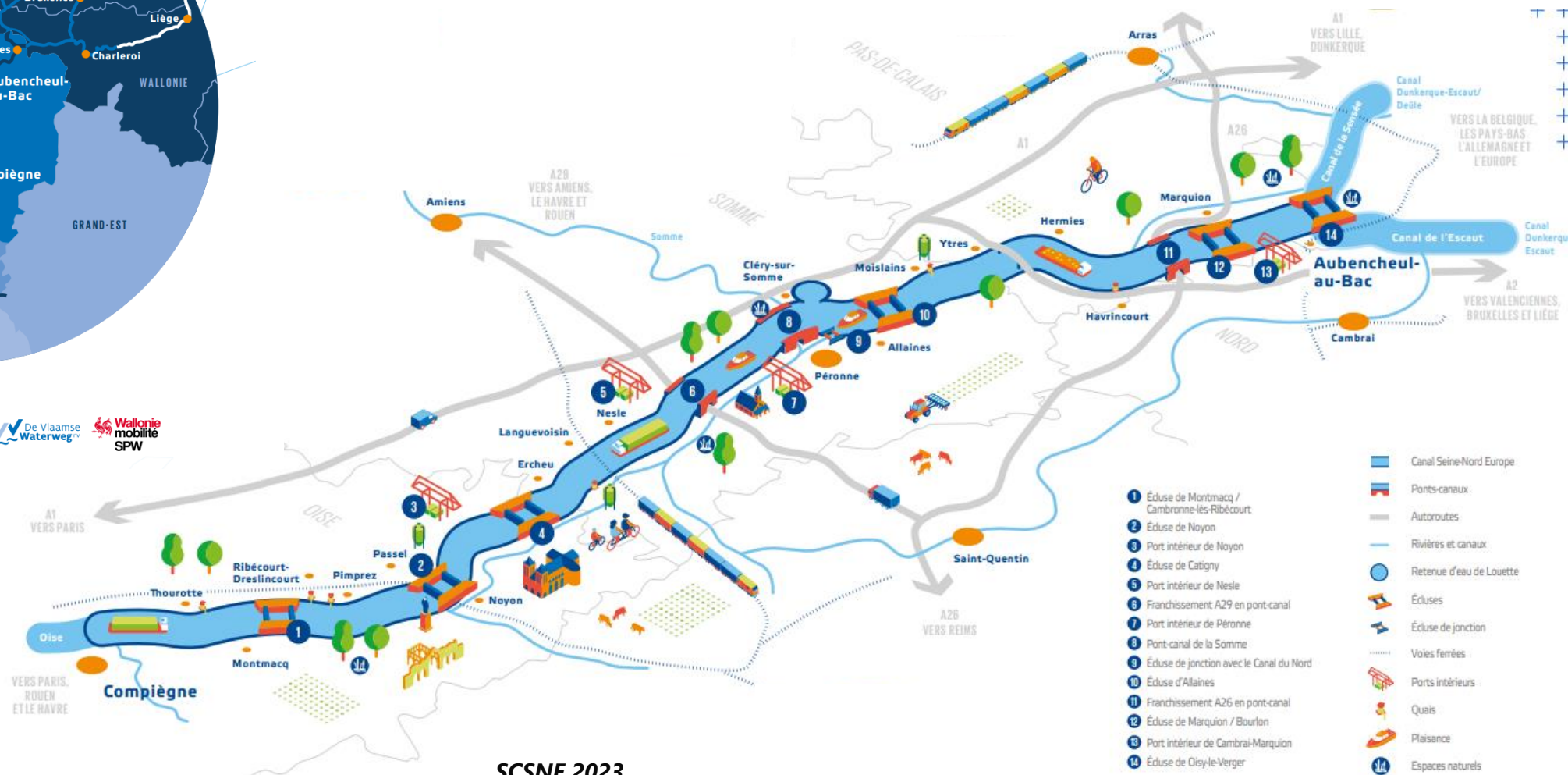
Un projet du 1^{er} réseau européen de transport fluvial



Cofinancé par l'Union européenne



SOCIÉTÉ DU CANAL SEINE-NORD EUROPE



SCSNE 2023

INTRODUCTION AU PROJET CANAL SEINE-NORD EUROPE ET SES ACTEURS

Canal du Nord



Canal Seine-Nord Europe



Types de bateaux		Capacité de cale	Longueur	Largeur
 x 10 à 14	 Péniche dite de 38,50 m	250 à 350 t	38,50 m	5,05 m
 x 30	 Automoteur et petit convoi type canal du Nord	750 t	90 m	5,705 m
 x 54	 Automoteur type Rhein-Herne-Kanal (RHK)	1.350 t	80 m	9,50 m
 x 40 à 120	 Automoteur rhénan	1.000 à 4.000 t	135 m	11,45 m
 x 60 à 220	 Convoi moderne constitué d'un pousseur et de barges	1.500 à 4.400 t	jusqu'à 180 m	11,40 m

UNE BARGE TRANSPORTE EN UNE FOIS L'ÉQUIVALENT DE 220 CAMIONS



Un convoi de 185 m
toutes les ½ h =
un camion de 25 t
toutes les 5 secondes

INTRODUCTION AU PROJET CANAL SEINE-NORD EUROPE ET SES ACTEURS



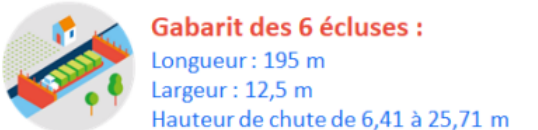
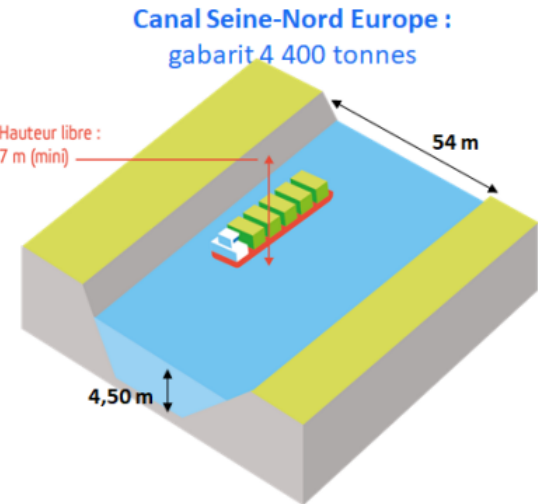
SCSNE 2023

+ Le CSNE joindra directement le bassin de l'Oise au bassin de la Sensée



(représentation schématique)

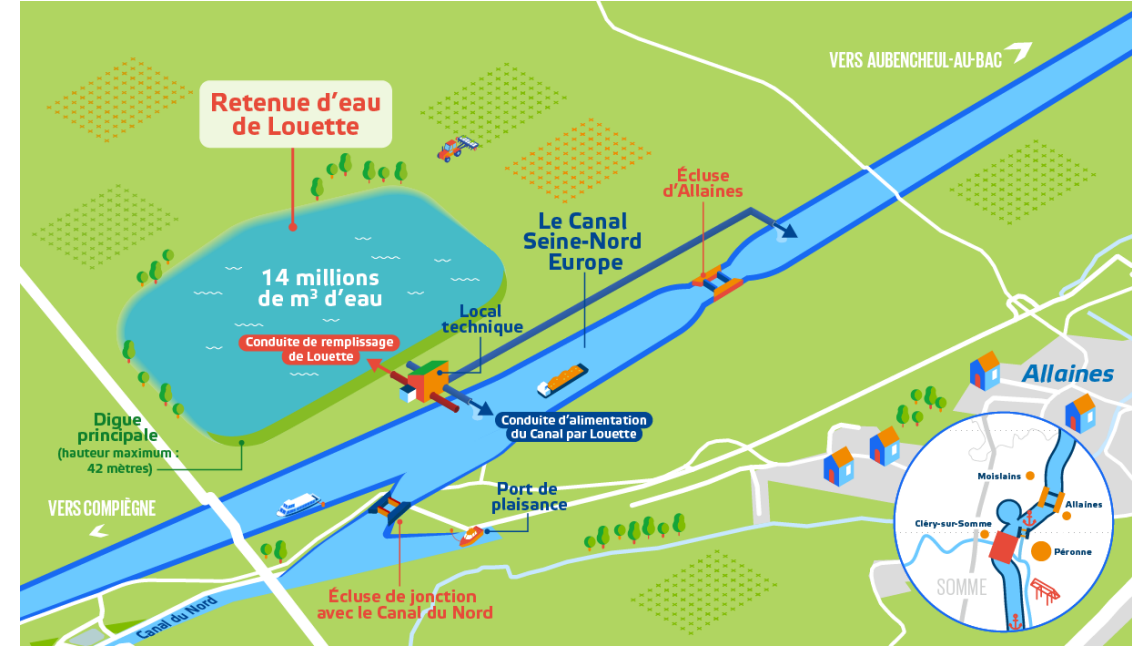
1 bief de partage



INTRODUCTION AU PROJET CANAL SEINE-NORD EUROPE ET SES ACTEURS

Des enjeux multiples, complexes

- **Eau** : sources, consommation, réchauffement climatique
- **Agriculture** : Emprises et réserves foncières, déblais / remblais et stocks de matériaux
- **Environnement**: « canal vivant », aménagements et continuités écologiques, berges lagunées, annexes hydrauliques
- **Emploi** : démarche Grand Chantier
 - > 500 personnes mobilisées actuellement
 - 6000 au plus fort du chantier



INTRODUCTION AU PROJET CANAL SEINE-NORD EUROPE ET SES ACTEURS

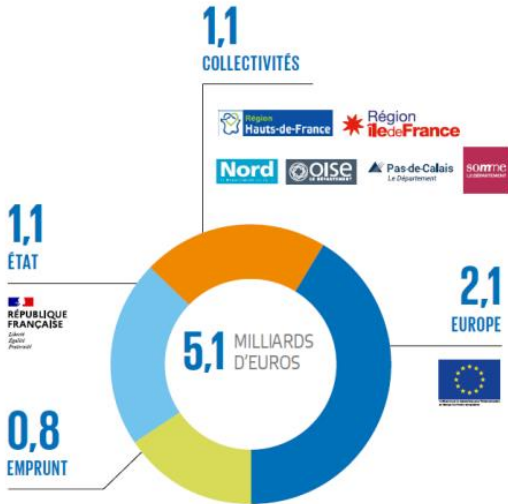
- **Maîtrise d’Ouvrage** : Société du Canal Seine-Nord Europe
 - Pilotée par la Région Hauts de France, les départements du Nord, de l’Oise, du Pas-de-Calais et de la Somme
 - En partenariat avec l’Etat français et le soutien de l’Europe
- **Futur exploitant** : Voies Navigables de France

Partenaires financiers



www.canal-seine-nord-europe.fr

SCSNE 2023



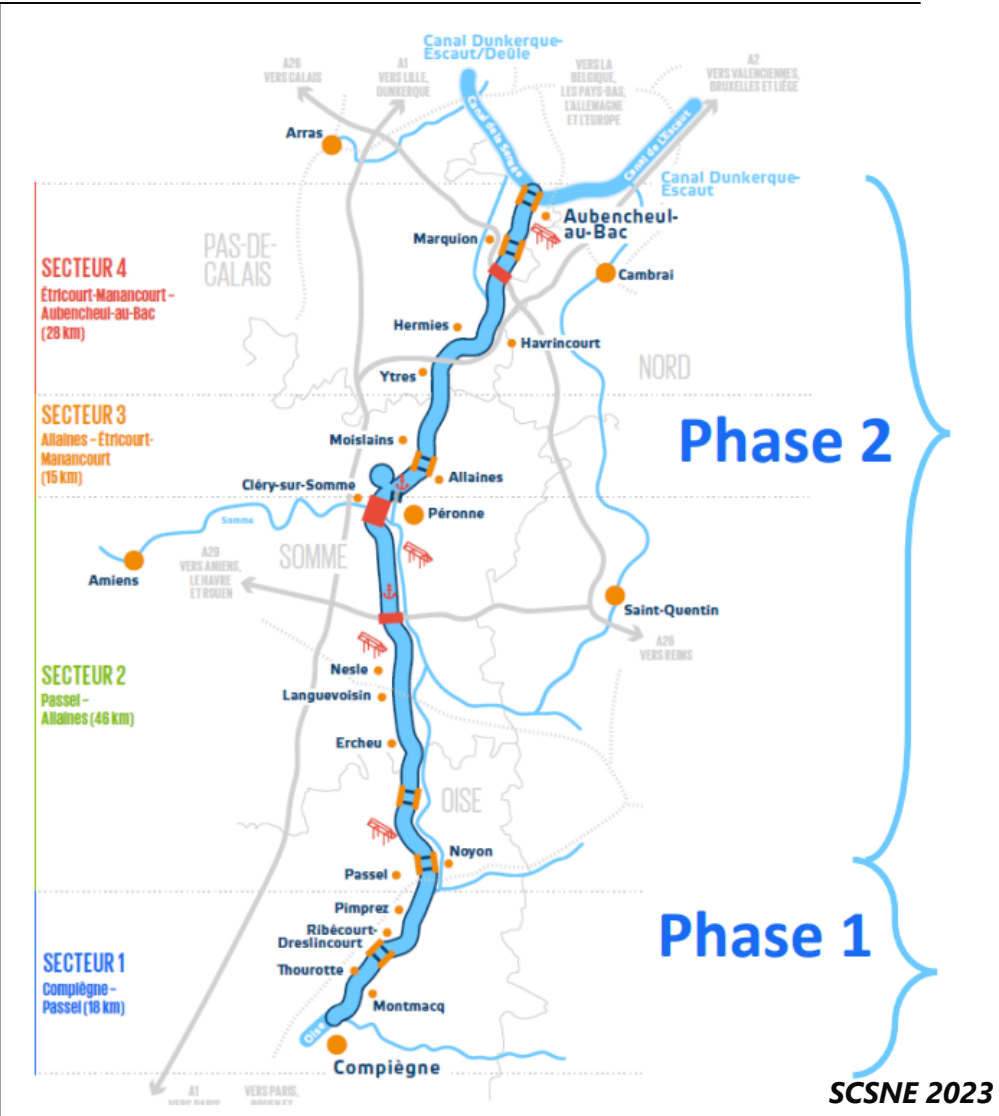
INTRODUCTION AU PROJET CANAL SEINE-NORD EUROPE ET SES ACTEURS

- **Maître d’Œuvre** secteurs 2, 4 et Ecluses : groupement ONE



Et plusieurs sous-traitants, dont





Études détaillées 2019>2023

Aménagements environnementaux 2021>2030

Autorisation environnementale 2022>2024

Travaux 2024>2030

Études détaillées 2017>2021

Aménagements environnementaux 2017>2028

Autorisation environnementale 2019 >2021

Travaux 2021>2028

INTRODUCTION AU PROJET CANAL SEINE-NORD EUROPE ET SES ACTEURS

- Quelques images



INTRODUCTION AU PROJET CANAL SEINE-NORD EUROPE ET SES ACTEURS

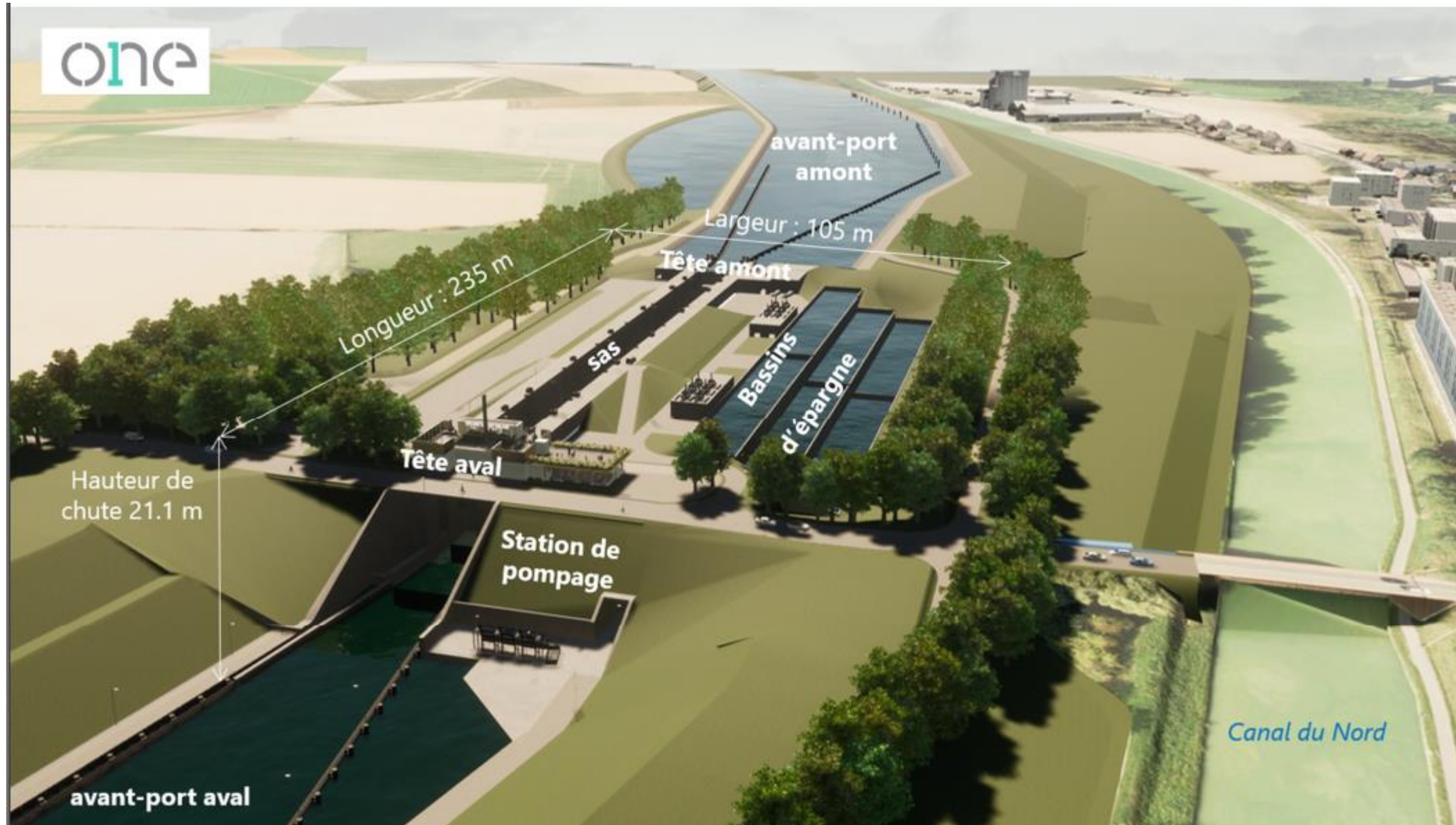
- Quelques images





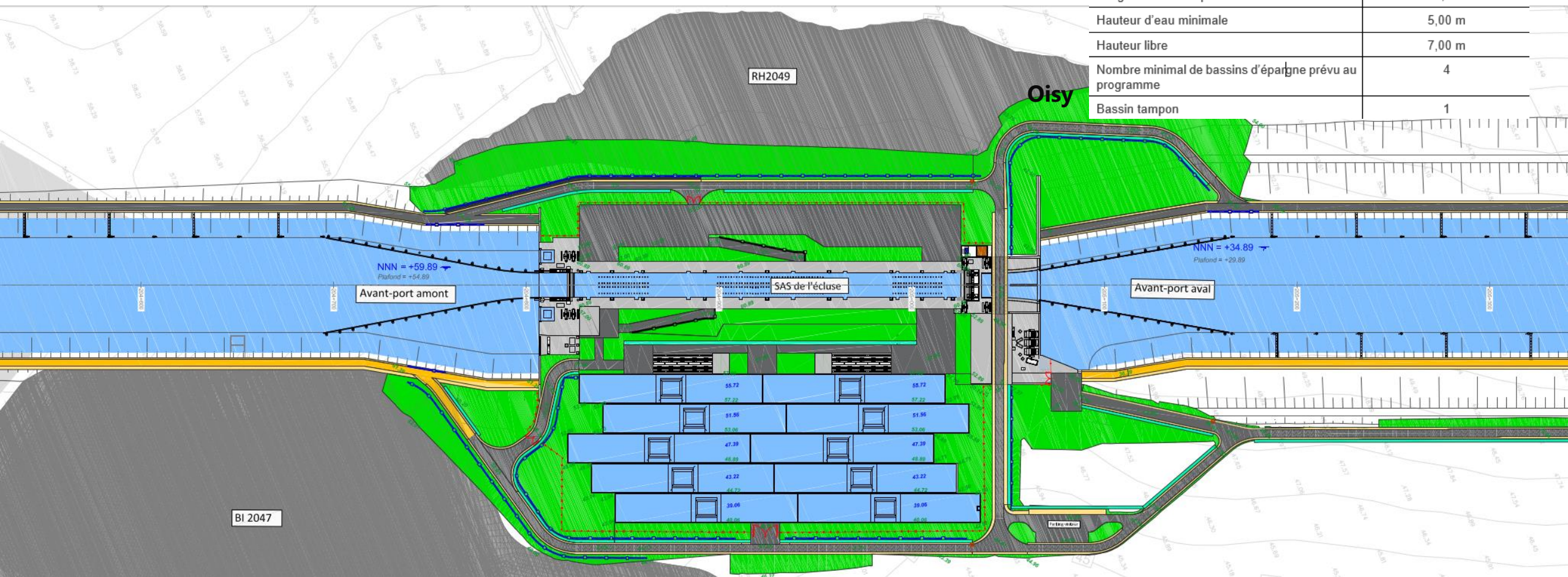
Conception générale des écluses du Canal Seine-Nord Europe

CONCEPTION GÉNÉRALE DES ÉCLUSES DU CANAL SEINE-NORD EUROPE



Oisy

Cote bief amont	59,89 m IGN69
Cote bief aval	34,89 m IGN69
Chute nominale	25,00 m
Largeur	12,50 m
Longueur utile	195,00 m
Longueur entre dispositifs amortisseurs	199,00 m
Hauteur d'eau minimale	5,00 m
Hauteur libre	7,00 m
Nombre minimal de bassins d'épuration prévu au programme	4
Bassin tampon	1



CONCEPTION GÉNÉRALE DES ÉCLUSES DU CANAL SEINE-NORD EUROPE

Génie civil (haute chute)

Bajoyers minces

Puits des vannes d'alimentation
BEP

BEP avec dispositif anti-entraînement d'air
(permettant de réutiliser 4/6 du volume
d'eau)

Remblais limons traités

Bassin tampon

Radier perforé
Chambre de dissipation

Aqueducs 4x4 m
BEP – chambre de dissipation

Fondation sur les craies compactes - fortes
caractéristiques mécaniques (Pression limite $PI > 5\text{MPa}$,
Module Pressiométrique $E_m > 100\text{MPa}$)

Recherche de monolithisme
y compris avec les têtes

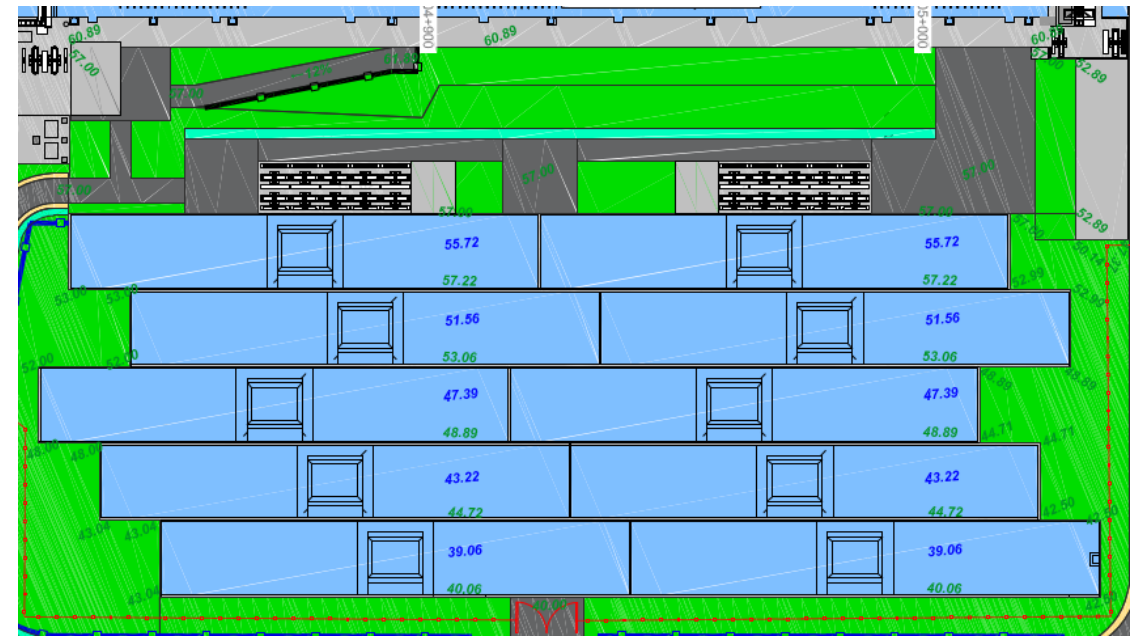
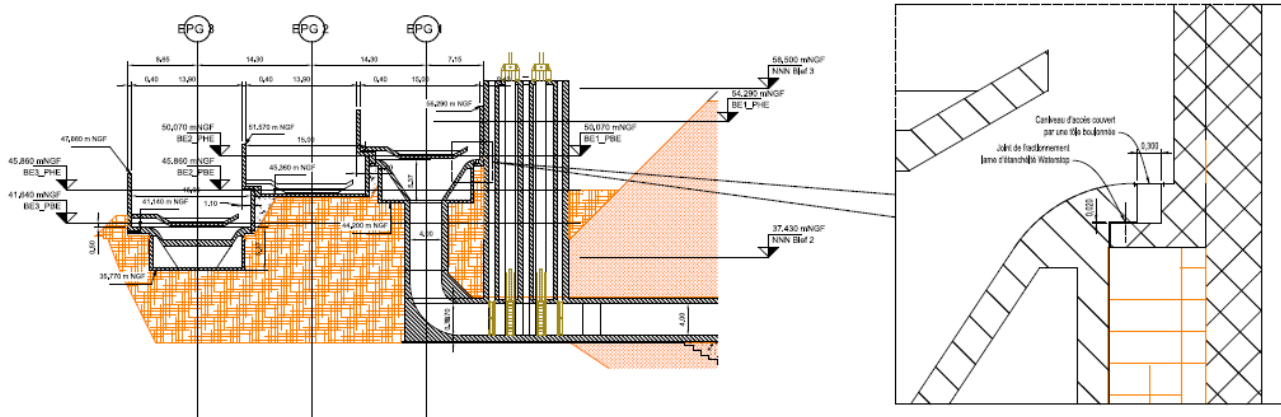
Alimentation par aqueducs longitudinaux (4x4,50 m) et larrons



CONCEPTION GÉNÉRALE DES ÉCLUSES DU CANAL SEINE-NORD EUROPE

Bassins d'épargne

- « Toit » pour éviter les entrainements d'air
- Pianotage des bassins pour centrage des tulipes
 - cf essais sur modèle réduit
- Bassins monolithiques pour maîtriser les risques de fuites
- Entonnement tulipe désolidarisé des bassins (joints de fractionnement)

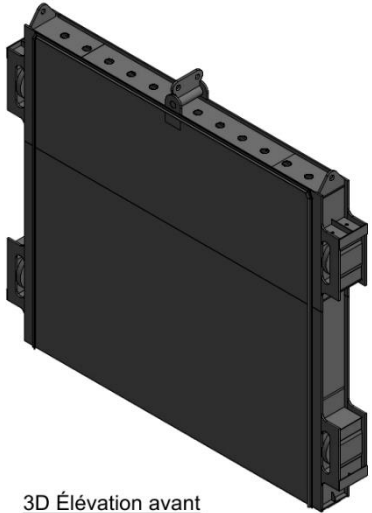


CONCEPTION GÉNÉRALE DES ÉCLUSES DU CANAL SEINE-NORD EUROPE

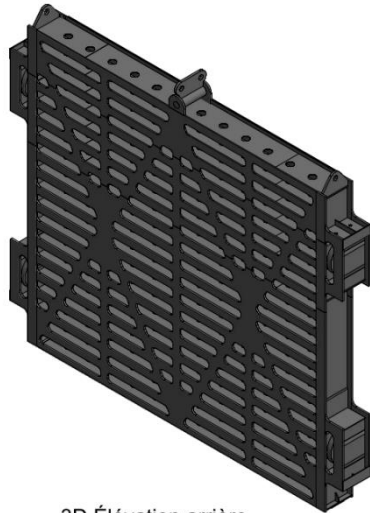
Vannes

- Porte aval : vanne levante 13 x 14 m
- Porte amont : vanne secteur 16 x 12 m
- Contournement des têtes et aqueducs des BEP : vannes levantes 4.50 x 4.50 m

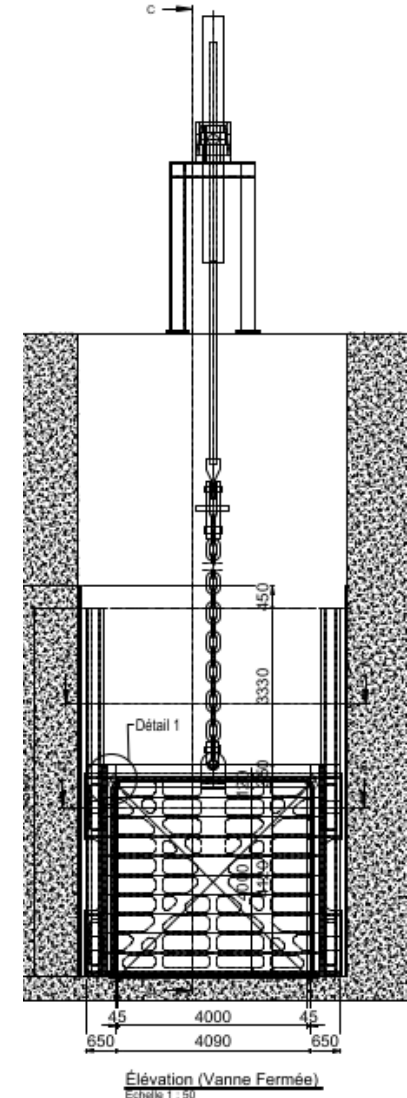
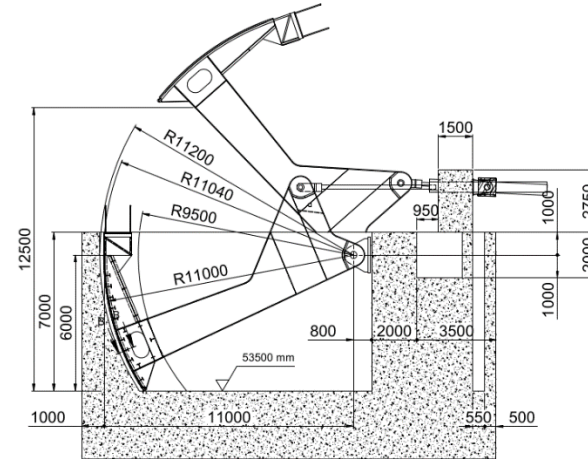
=> standardisation sur les 5 écluses



3D Élévation avant
Echelle 1 : 100



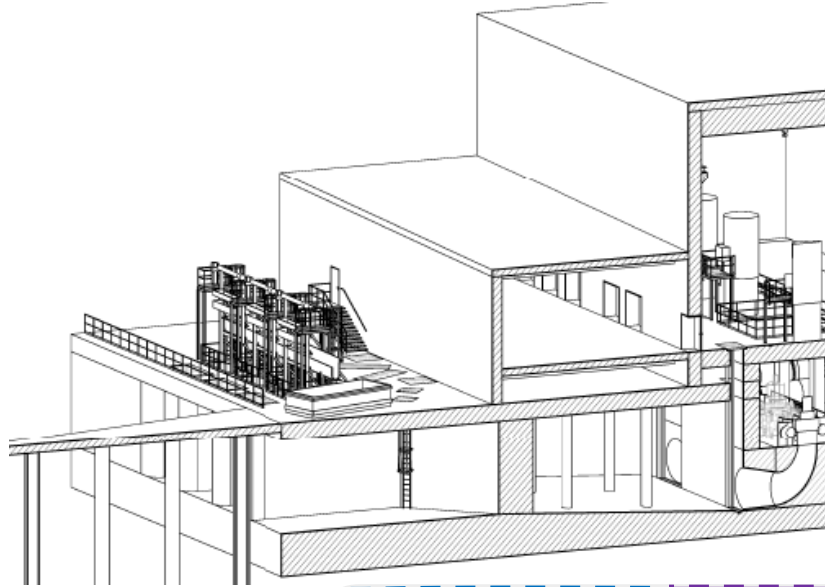
3D Élévation arrière
Echelle 1 : 100



CONCEPTION GÉNÉRALE DES ÉCLUSES DU CANAL SEINE-NORD EUROPE

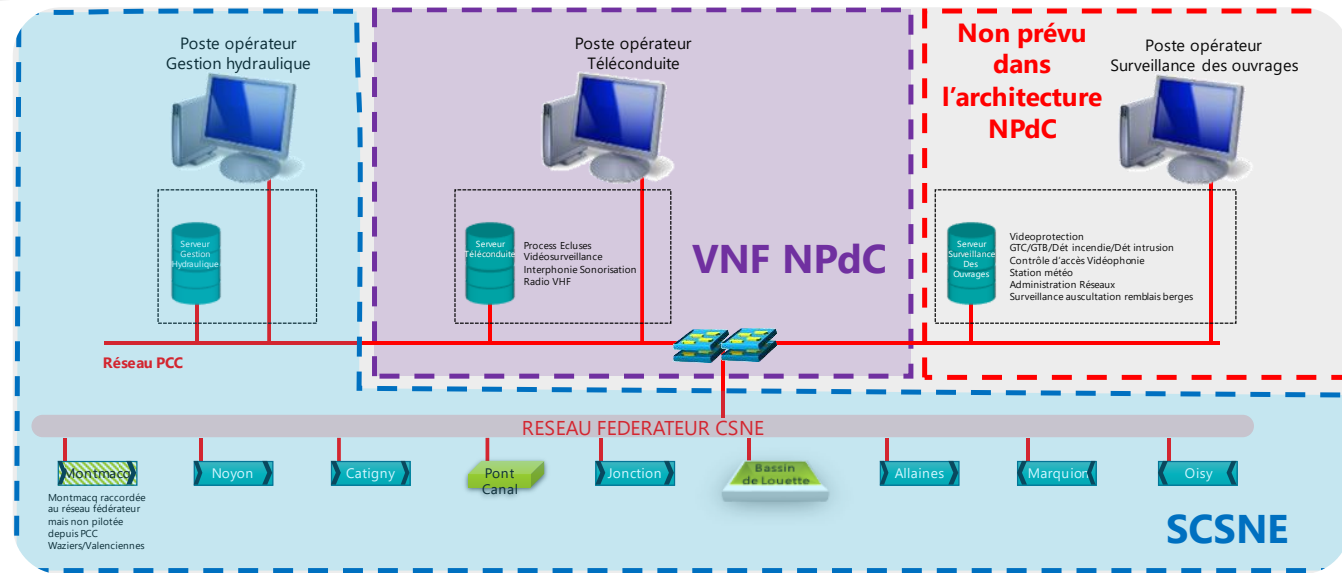
Stations de pompage

- Une par écluse
- Q équipement : ~ 4 à $\sim 13 \text{ m}^3/\text{s}$



Téléconduite

- Effectuée de les PCC de Waziers et Valenciennes
- Projet de PCC de l'ensemble du réseau VNF du Nord Pas de Calais





L'hydraulique des écluses de moyenne et haute chute : challenges et innovations

L'HYDRAULIQUE DES ÉCLUSES HAUTE CHUTE : CHALLENGES ET INNOVATIONS

L'écluse de Oisy le Verger en quelques chiffres qui caractérisent la performance hydraulique attendue

- 200 m de longueur, 12.5 m de largeur, 25 m de hauteur de chute soit un volume de sasement de **62500 m³**
- Un temps de sasement imposé au Cahier des charge de **13 mn**
- Soit un débit moyen de transfert de 80 m³/s et une vitesse d'élévation du plan d'eau de **1.92 m/mn**
- En comparaison avec les écluses de haute chute existantes dans le monde, il s'agira de la **23eme plus rapide**.

élévation bateau (m)	nom	présence de BEP O/N	pays	cours d'eau/ emplacement	Construction	longueur (m)	largeur (m)	profon- deur initiale (m)	Remplissage (min)	vitesse moyenne plan d'eau (m/min)
9	Panama Canal Third Locks	O	Panama	Canal de Panama	2014	427	55	18.3	17	0.53
7.9	Hiram M. Chittendom (small)	N	USA	Seattle	1917	45.7	9		12	0.66
7.9	Hiram M. Chittendom (large)	N	USA	Seattle	1917	251	24		12	0.66
21.5	Xijin	N	Chine	Yujiang	1964	191	15		17.8	1.21
19.5	Elbach	O	Allemagne	Donau	1985	199.63	12		15.5	1.26
13.1	ALLAINES	O	France	CSNE	2028	200	12.5	5	10	1.31
14	CATIGNY	O	France	CSNE	2028	200	12.5	5	10	1.40
24.4	Fort Loudoun	N	USA	Tennessee	1955	109.73	18.29		17.2	1.42
21.3	Watts Bar	N	USA	Tennessee	1956	109.73	18.29		15	1.42
23.4	Yacyreta	N	Argentine	Rio Parana	1984	274.9	27		16.1	1.45
19	Qilicheng	N	Chine	Fuchunjiang	1970	103	14.4		12.7	1.50
42	Ust Kamenogorsk	N	Kazakhstan	Irtisch	1953	105	18		27	1.56
24.7	Leerstetten	O	Allemagne	Donau	1985	200.83	12		15.2	1.63
24.7	Eckersmühlen	O	Allemagne	Donau	1987	200.83	12		15.2	1.63
24.7	Hilpoltstein	O	Allemagne	Donau	1988	200.83	12		15.2	1.63
28	Mc Mary	N	USA	Columbia	1953	205.74	26.21		16.1	1.74
20.3	Bonneville	N	USA	Columbia	1938	152.4	23.16		11.5	1.77
26.9	Kainji	N	Nigeria	Niger	1970	198.12	12.19		15	1.79
21.07	NOYON	O	France	CSNE	2028	200	12.5	5	11.4333333	1.84
22.9	Kentucky	N	USA	Tennessee	1955	182.88	33.53		12	1.91
23	Uelzen	O	Allemagne	Elbe	1974	190	12		12.05	1.91
19.2	Pickwick landing	N	USA	Tennessee	1940	182.88	33.53		10	1.92
25	OISY-LE-VERGER	O	France	CSNE	2028	200	12.5	5	13	1.92
25.71	MARQUION	O	France	CSNE	2028	200	12.5	5	13.2833333	1.94
26.8	Walter F. George	N	USA	Chattahoochee	1962	136.8	26.75		13	2.06
32.4	Pavlovski	N	Russie	?	1958	-			15	2.16
27	Geshouba n°1	N	Chine	Yangtze	1986	280	34		12.5	2.16
27	Geshouba n°2	N	Chine	Yangtze	1980	280	34		12.5	2.16
32.5	Sobradinho	N	Brésil	Rio Sao francisco	1978	145.3	17		13.75	2.36

élévation bateau (m)	nom	présence de BEP O/N	pays	cours d'eau/ emplacement	Construction	longueur (m)	largeur (m)	profon- deur initiale (m)	Remplissage (min)	vitesse moyenne plan d'eau (m/min)
19.2	Montélimar	N	France	Rhône	1957	195	12		8	2.40
28	Regua	N	Portugal	Douro	1972	86	12.1		11	2.55
30.8	Wilson	N	USA	Tennessee	1960	182.88	33.53		12	2.57
27.6	The Dalles	N	USA	Columbia	1957	205.74	26.21		10.7	2.58
31.4	Ice harbour	N	USA	Snake	1962	205.74	26.21		11.8	2.66
28	Bay Springs	N	USA	Tennessee/Tombigbee	1980	182.88	33.52		10.5	2.67
36.5	Tucurui n°1	N	Brésil	Tocantin	1988	210	33		13.5	2.70
28.4	Lower Momentual	N	USA	Snake	1970	205.74	26.21		10.5	2.70
30.8	Little Goose	N	USA	Snake	1972	205.74	26.21		11.3	2.73
35	Tucurui n°2	N	Brésil	Tocantin	1988	210	33		12.8	2.73
34.5	Carapateiro	N	Portugal	Douro	1971	83	12		12	2.88
34.4	John Day	N	USA	Columbia	1968	205.74	26.21		11.7	2.94
43	shunpai	N	Chine	Xiaobing	1962	56	8		14.6	2.95
33	Valeira	N	Portugal	Douro	1976	86	12.1		11	3.00
32	Lower granite	N	USA	Snake	1975	205.74	26.21		9.8	3.27
27	Geshouba n°3	N	Chine	Yangtze	1980	130	18		7.8	3.46
26	Donzère-Mondragon	N	France	Rhône	1952	195	12		7.3	3.56
19.1	Stenovice	N	?	Moldau	1945	118.4	12			

- En intégrant la spécificité des bassins d'épargne : il s'agira des écluses les plus performante en termes de vitesse d'élévation du plan d'eau



L'HYDRAULIQUE DES ÉCLUSES HAUTE CHUTE : CHALLENGES ET INNOVATIONS

L'écluse d'Oisy-le-Verger en quelques chiffres sur la performance hydraulique attendue

- Des performances de fiabilité et de taux de disponibilité qui ont conduit à faire des choix technologiques, notamment sur les vannes qui ne coïncident pas forcément avec la performance hydraulique.
- Une maîtrise de l'agitation du plan d'eau , avec :
 - Une pente longitudinale de 0.0007m/m soit un delta Z de 14 cm sur la longueur du sas
 - Une pente transversale de 0.00035m/m soit un delta Z de 4 mm sur la largeur du sas
- Une limitation du débit de prise d'eau et de rejet dans les biefs amont et aval, qui conduit mécaniquement à devoir augmenter le débit d'échange avec les bassins d'épargnes :
 - Augmentation du temps imparti au débit de contournement des têtes
 - Diminution du temps imparti au débit avec les bassins d'épargne

PIANC 106 (2009) – M COEFFICIENT

Page 78. §4.4.3. A second selection approach is based on the M coefficient (Eq 4.2), as proposed by the Chinese Code (2001) for filling and emptying system of ship locks (n° JTJ306):

$$M = T/H^{1/2}$$

T est le temps de remplissage, H est la hauteur de remplissage

3.5 < M	through heads system
2.5 < M < 3.5	through heads system or simple longitudinal culvert system
2.4 < M	simple longitudinal culvert system
1.8 < M < 2.4	a more complex longitudinal culvert system
M < 1.8	a rather/very complex (advanced) longitudinal culvert system

Complexité
croissante

Oisy-le-Verger M = 1



La modélisation hybride (numérique et physique) au service de la conception

Modélisation hybride : des approches différentes qui se complètent et convergent rapidement vers des résultats et une solution optimisée.

LA MODÉLISATION HYBRIDE (NUMÉRIQUE ET PHYSIQUE) AU SERVICE DE LA CONCEPTION

Modèle 1D

- + Vision globale du fonctionnement de l'écluse
- + Rapidité de calcul
- + Synthétise l'ensemble des avancées dans la connaissance de fonctionnement
- + Reproduit fidèlement les lois d'ouverture et les temps de sasement des écluses similaires
- Reproduction approximative des pentes longitudinales
- Méconnaissance des pentes transversales
- Nécessité d'ajustement des pertes de charges

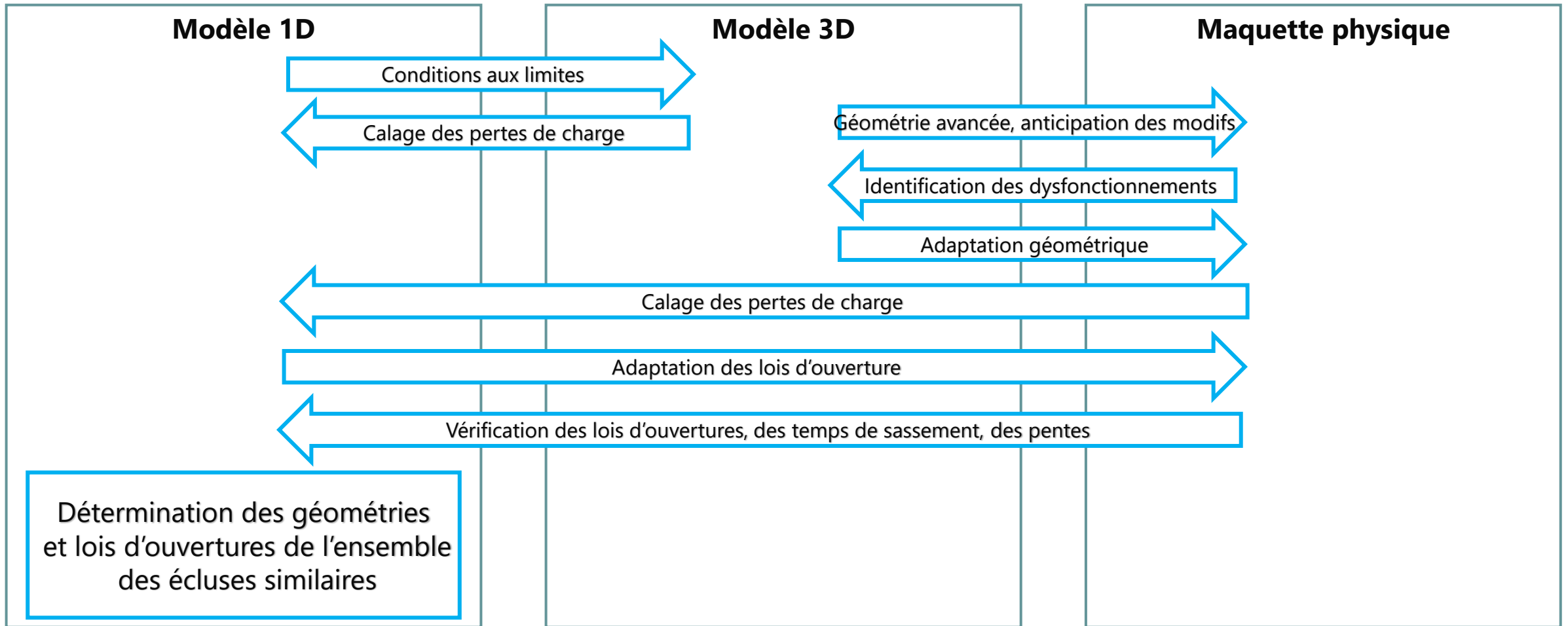
Modèle 3D

- + Vision précise du fonctionnement des objets complexes
- + Bonne connaissance des pentes longitudinales et transversales
- + Bonne connaissance des pertes de charges pour recaler le modèle 1D
- + Adaptation rapide des géométries et capacité à tester des solutions innovantes
- Temps de calcul => impossibilité d'avoir une vision globale
- Méconnaissance des efforts globaux appliqués sur le bateau

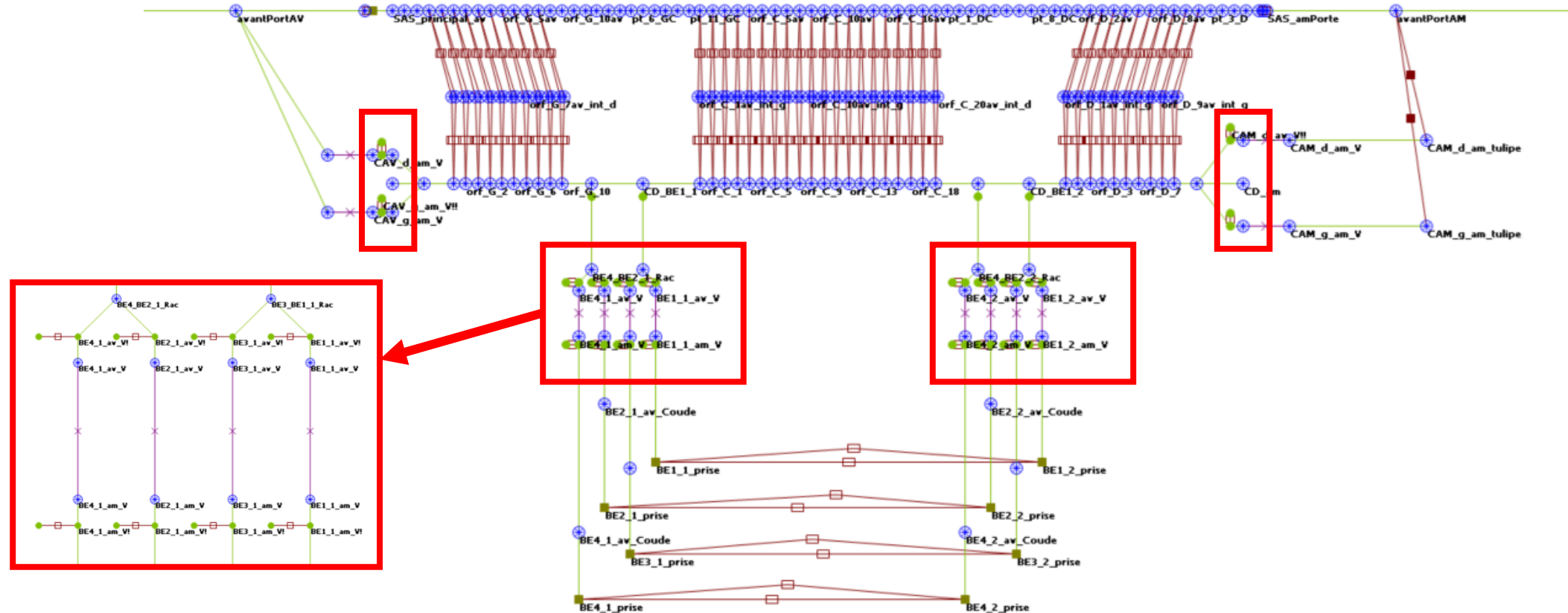
Maquette physique

- + Vision globale du fonctionnement de l'écluse
- + Reproduit fidèlement les lois d'ouverture et les temps de sasement
- + Vérification ultime du fonctionnement hydraulique
- + Test rapide des lois d'ouverture de vanne => impact sur les temps, les pentes et les efforts sur le bateau
- Complexité et lenteur des adaptations géométriques

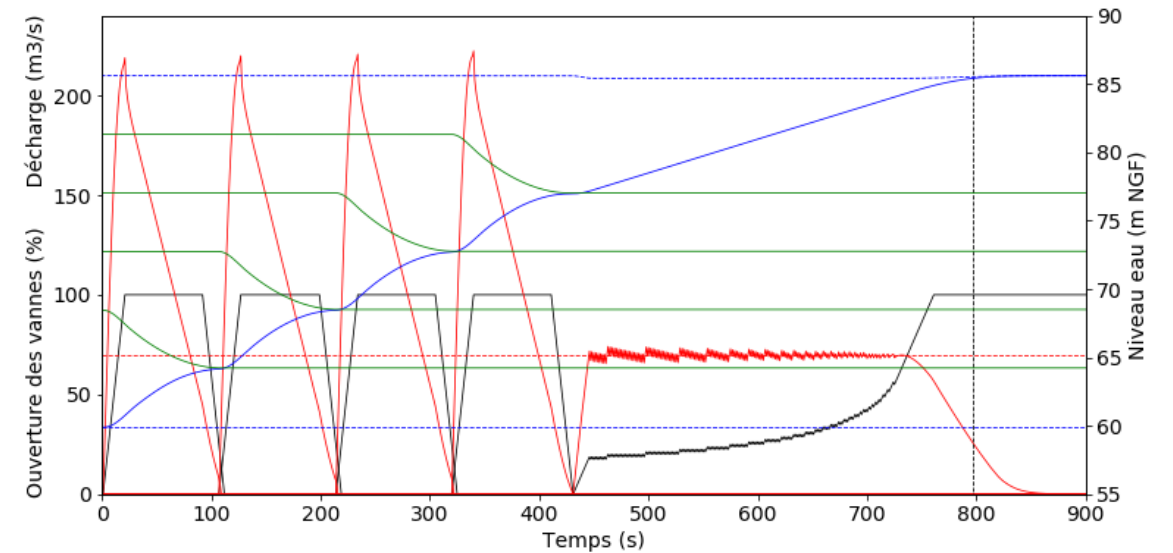
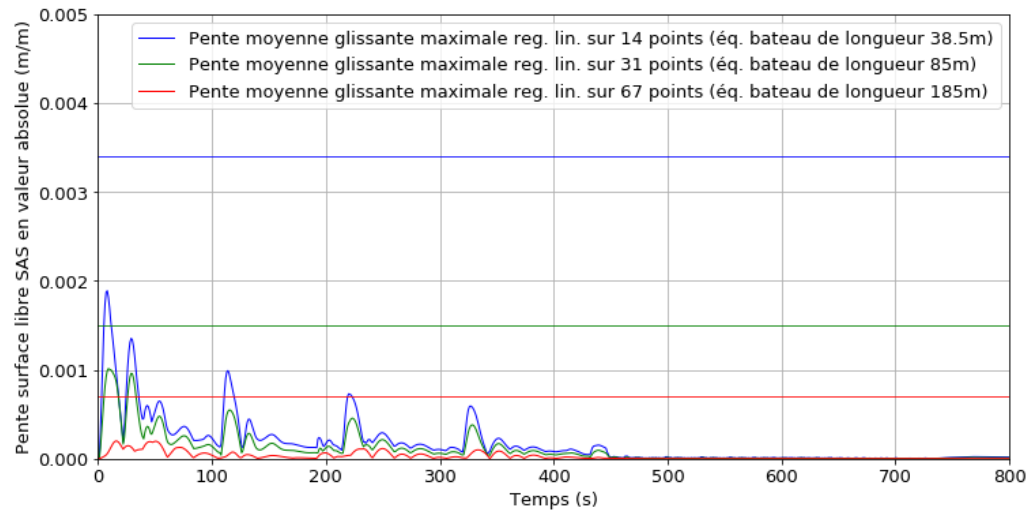
LA MODÉLISATION HYBRIDE (NUMÉRIQUE ET PHYSIQUE) AU SERVICE DE LA CONCEPTION



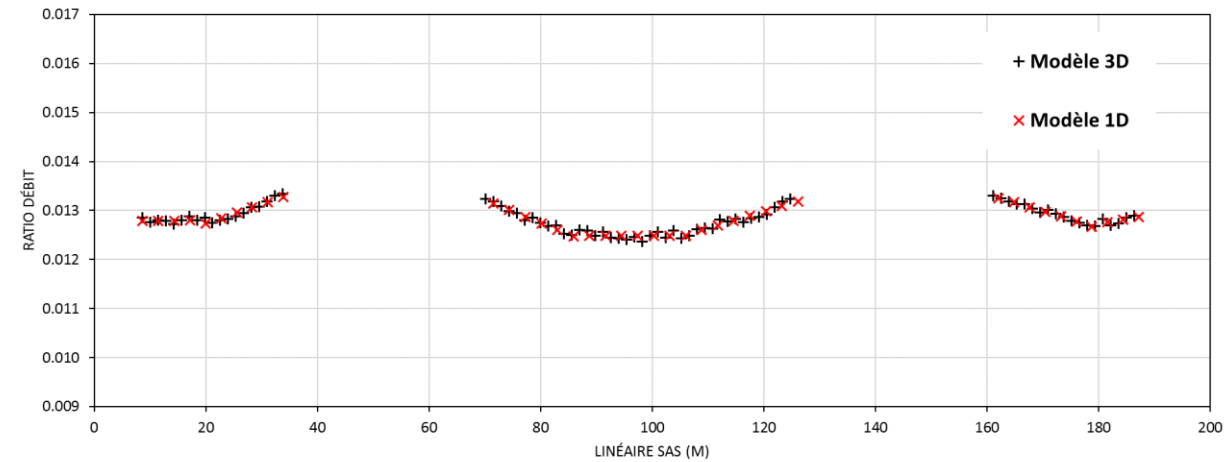
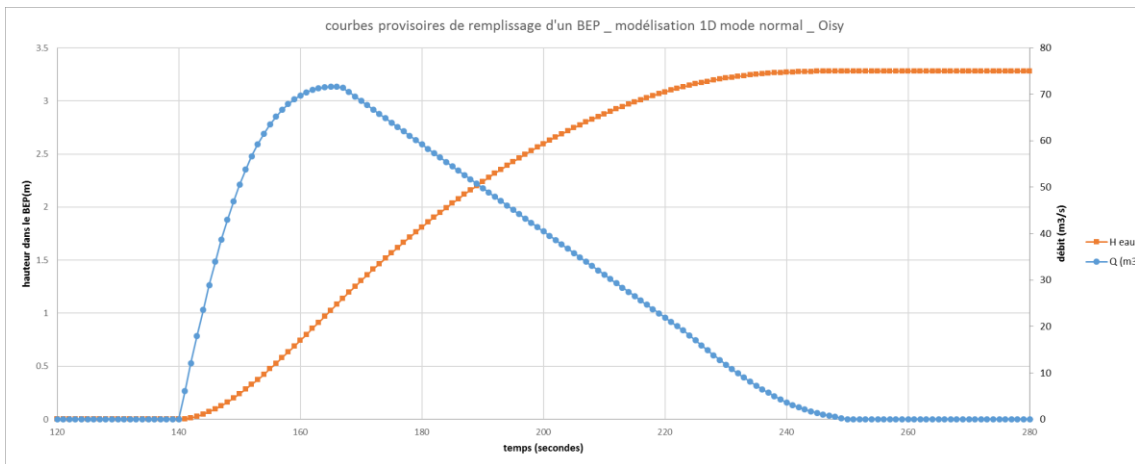
MODELE MARQUION (4 BE), CONTOURNEMENT AMONT ET AVAL, ALIMENTATION PAR RADIER PERFORE



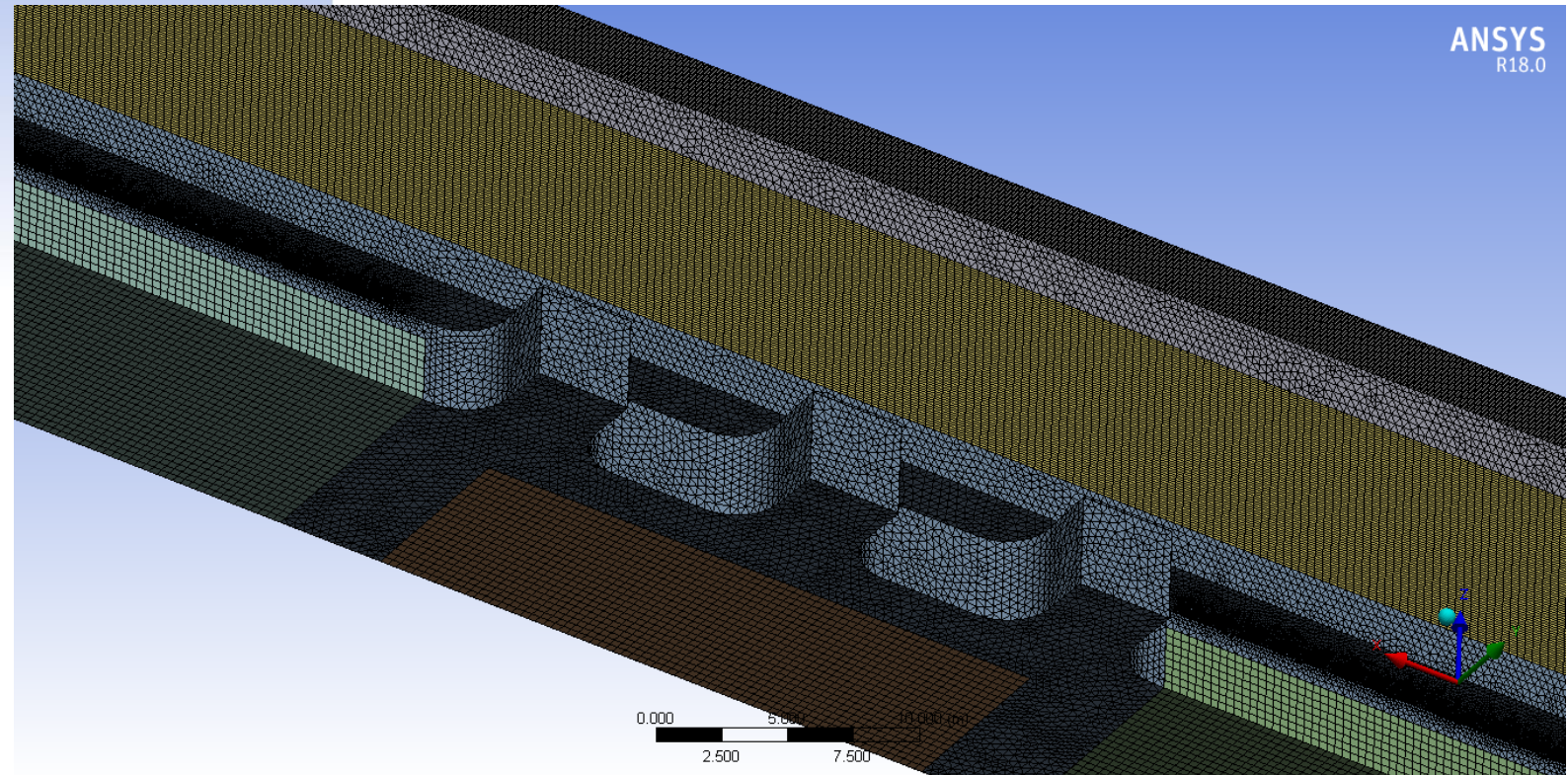
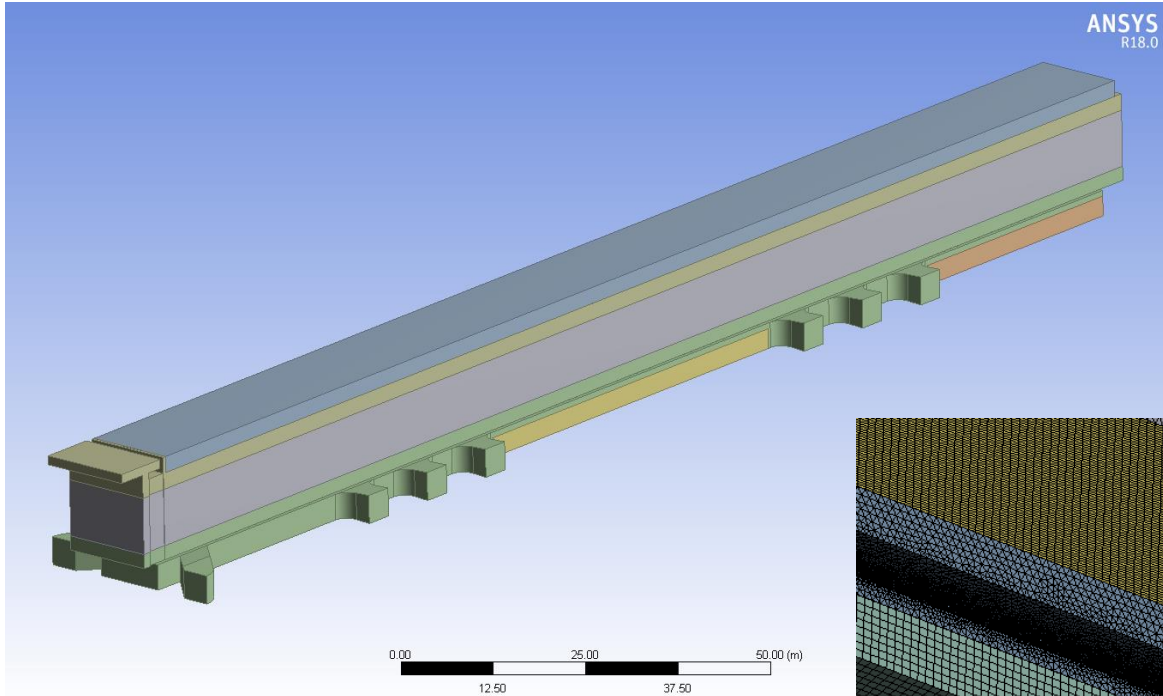
LES MODELES 1D



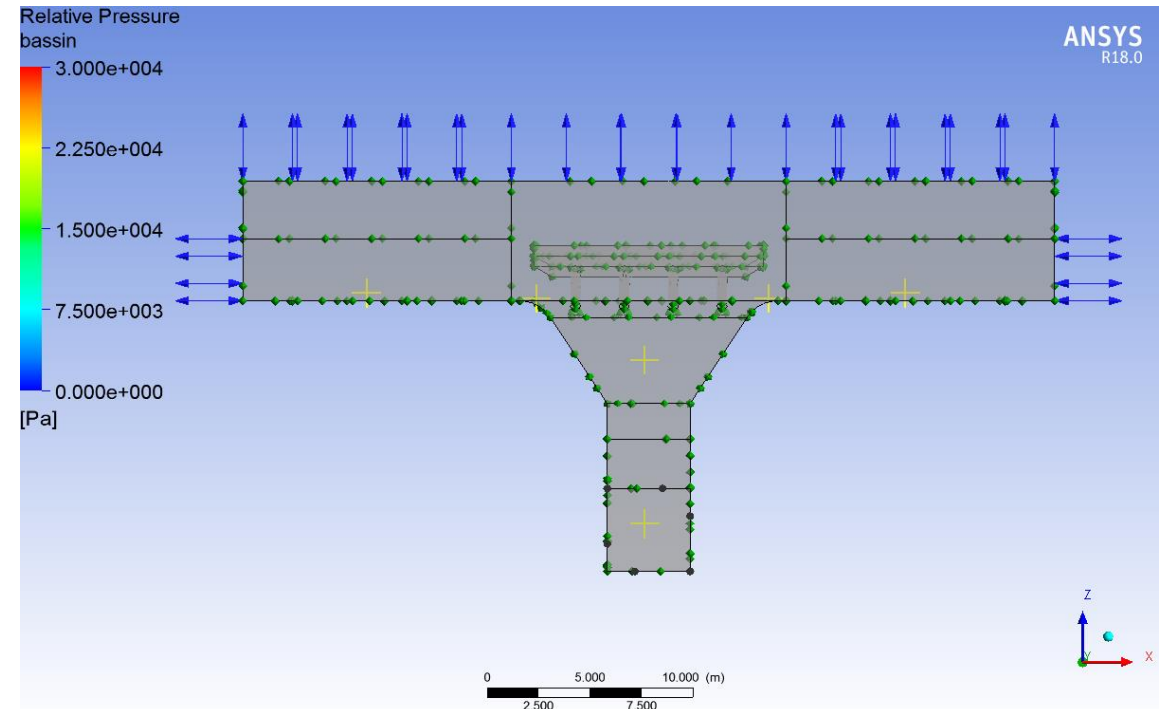
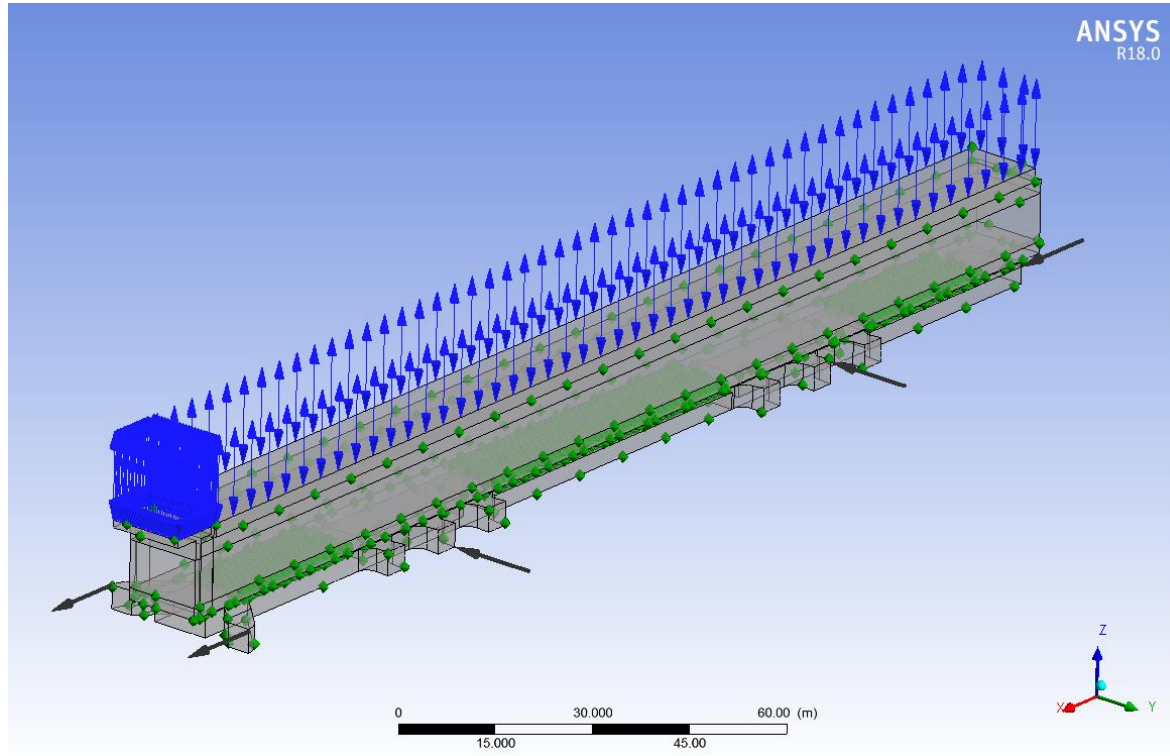
RÉPARTITION DES RATIOS DE DÉBIT SUR L'AXE LONGITUDINAL
CAS DE LA VIDANGE VERS LES BASSINS D'ÉPARGNE - 185 M³/S



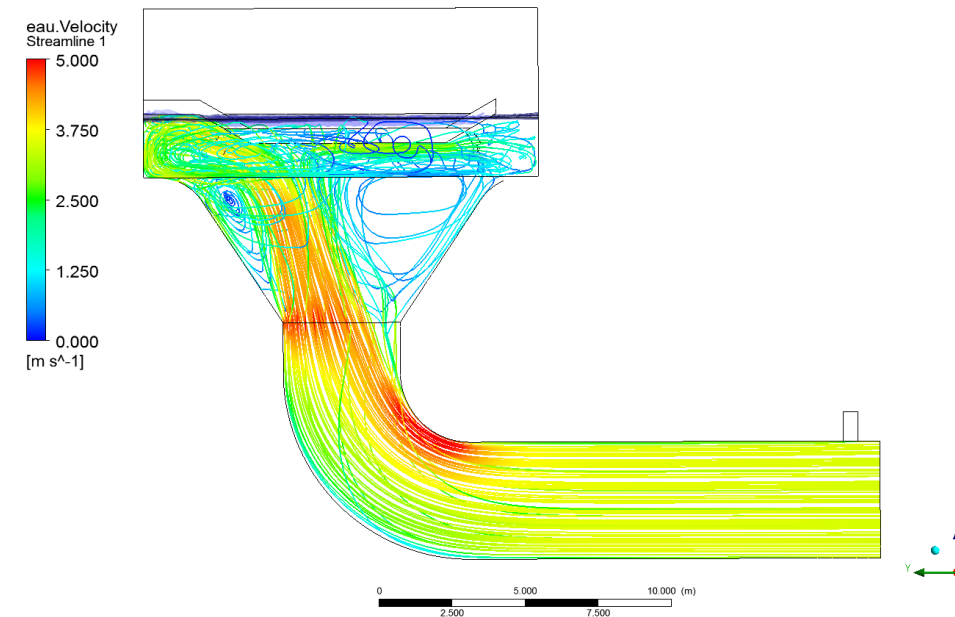
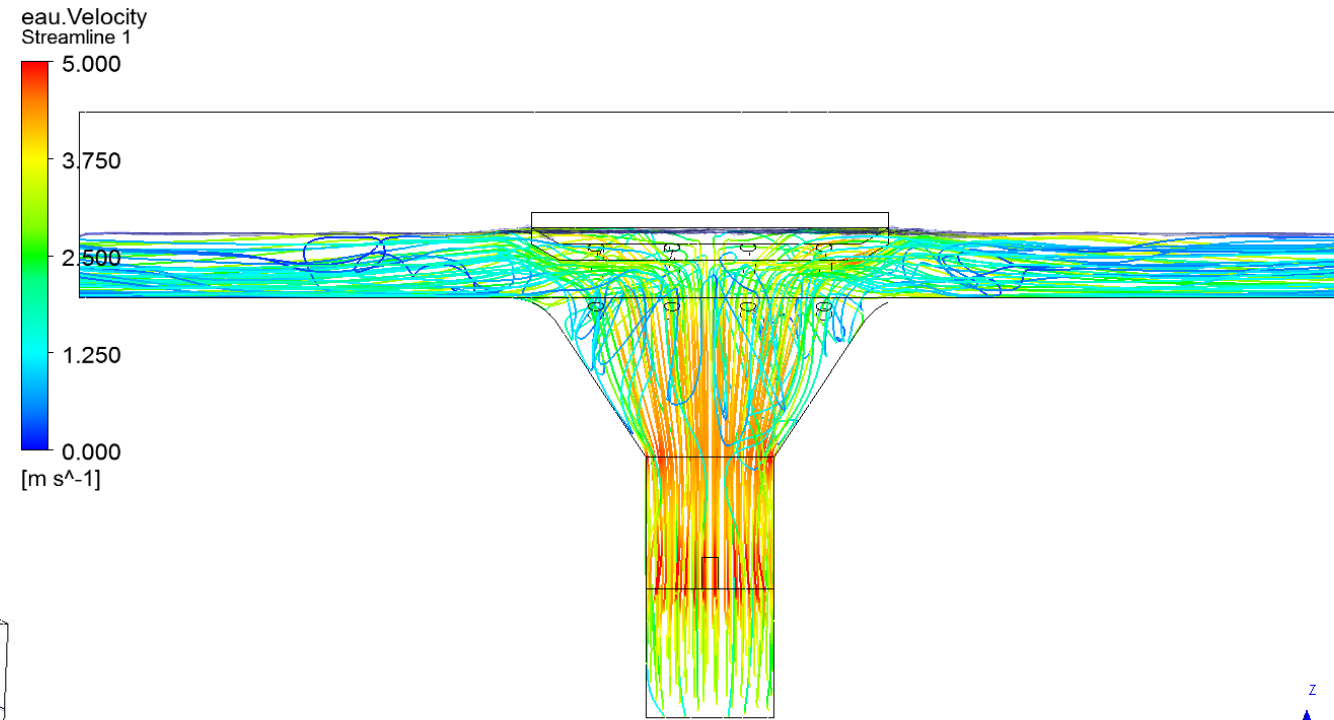
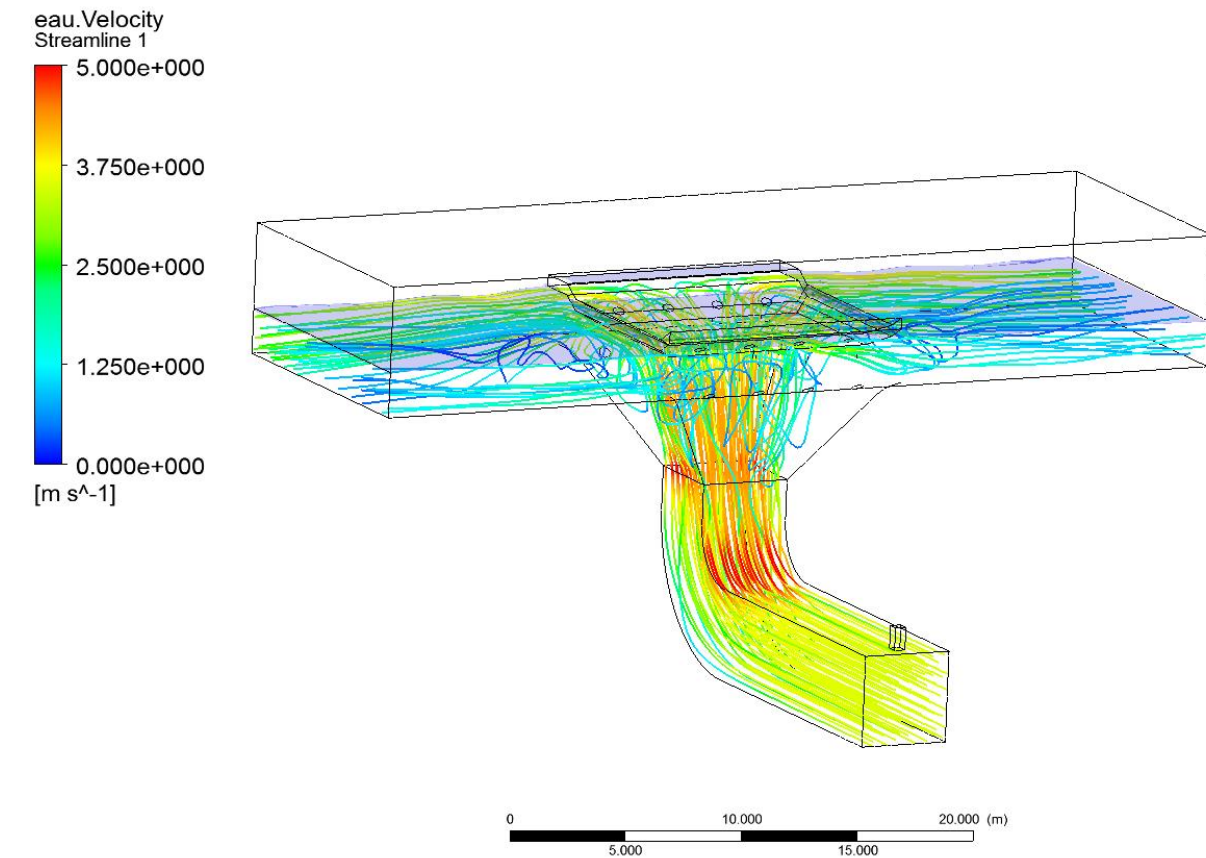
LES MODELES 3D



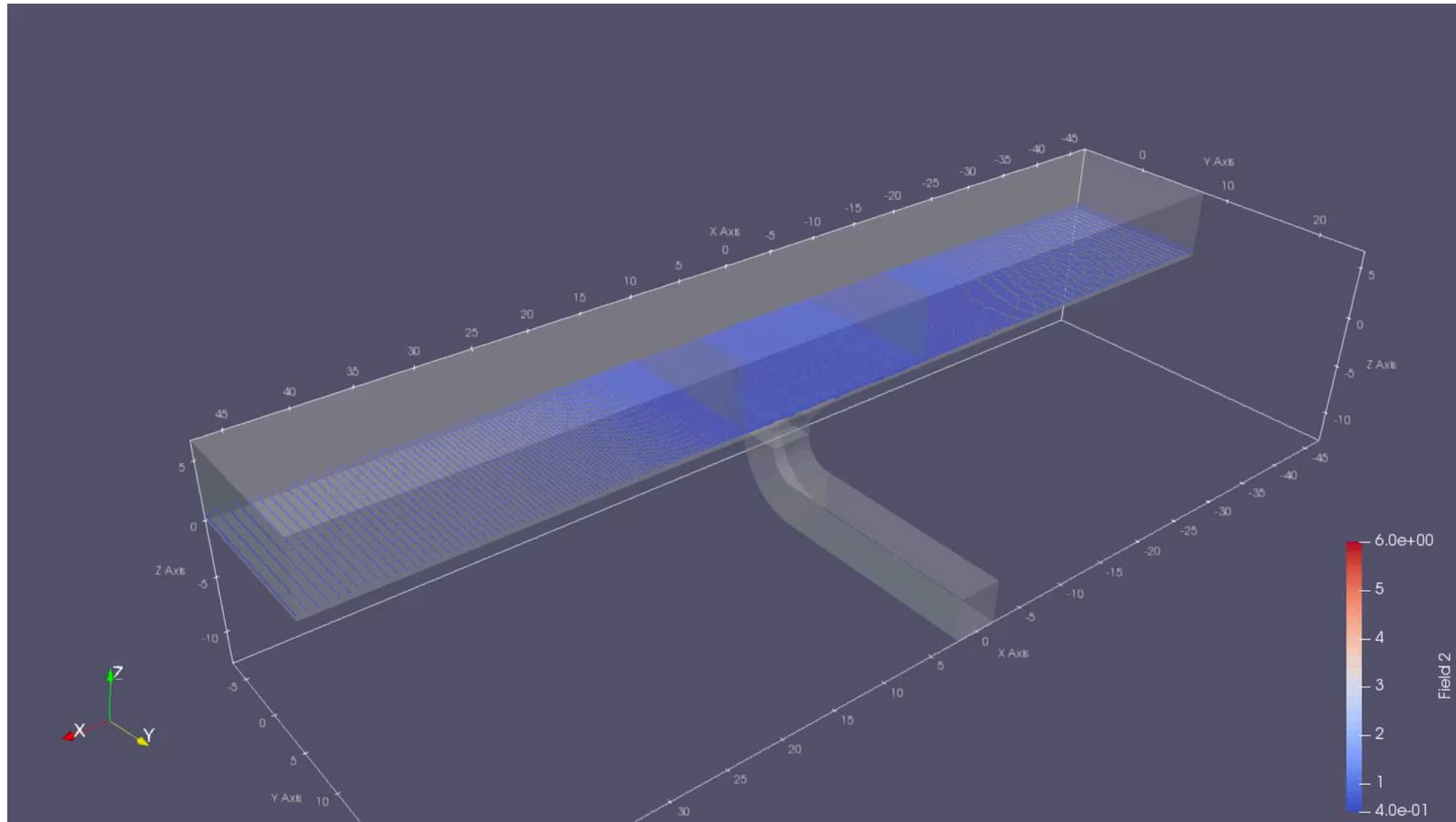
LES MODELES 3D



LES MODELES 3D

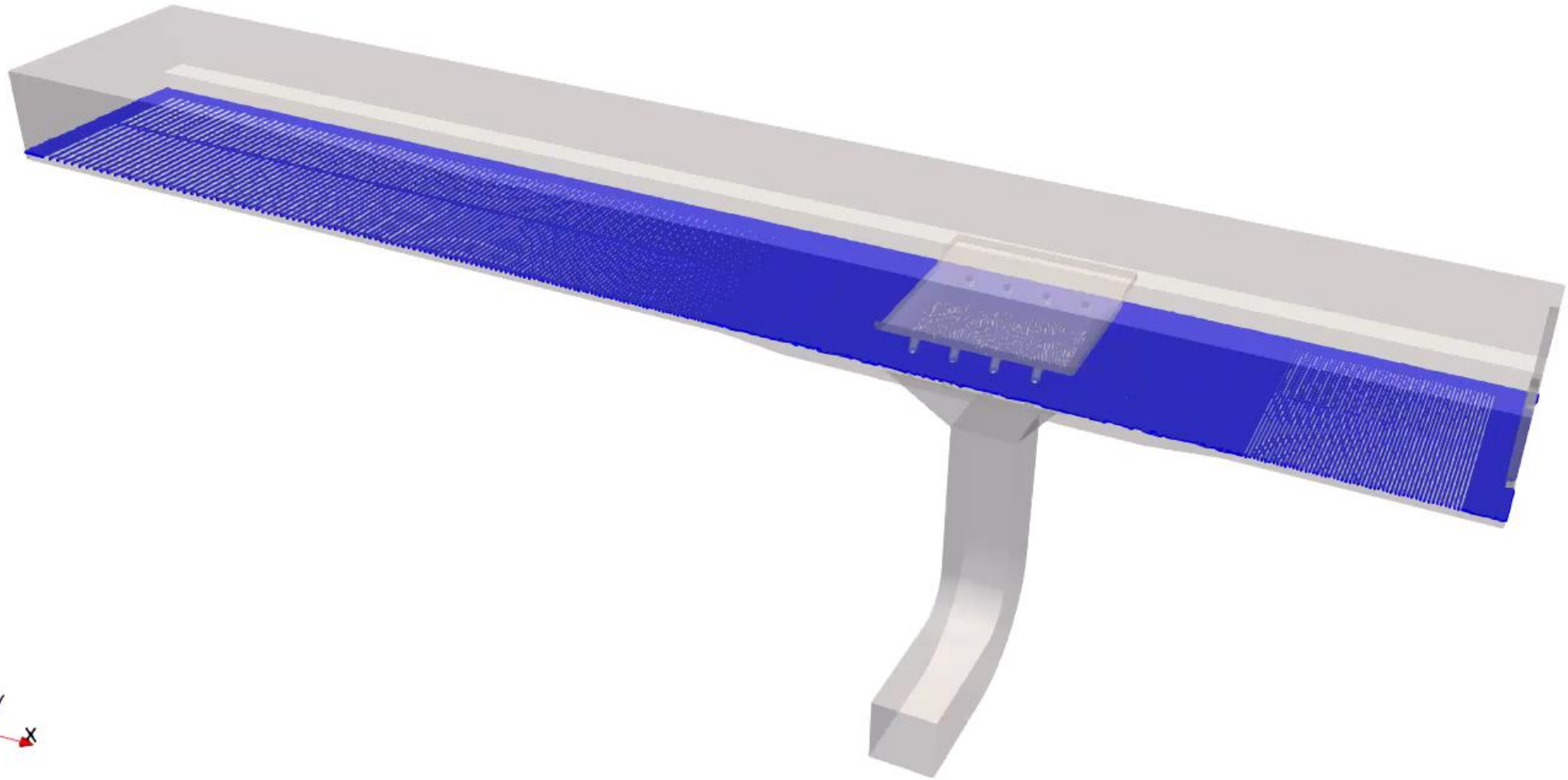
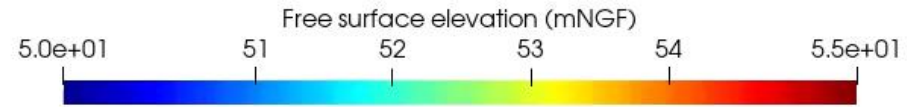


LES MODELES 3D



LES MODELES 3D

Time : 0.0 s

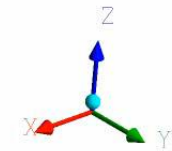
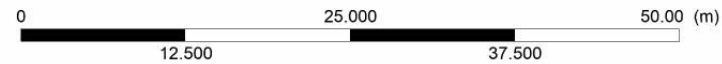
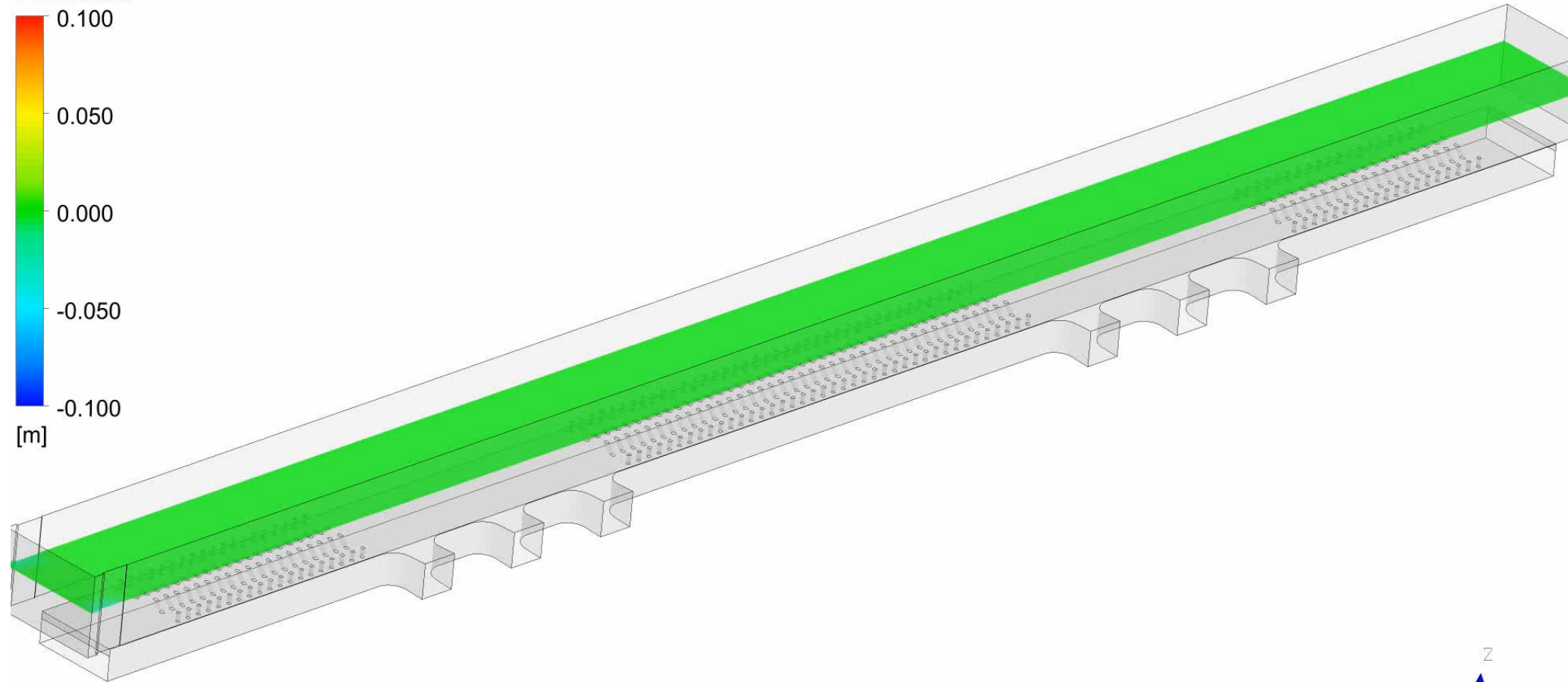
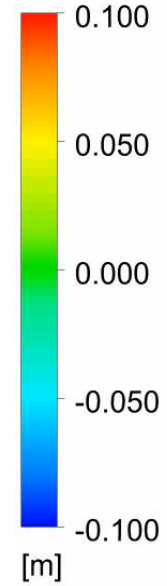


LES MODELES 3D



Delta to Z mean
Free surface

Time : 0.0 [s]





Modélisation physique de l'écluse de Oisy—le-Verger



MODÉLISATION PHYSIQUE DE L'ÉCLUSE DE HAUTE CHUTE DE OISY-LE-VERGER

Objectifs globaux

Validation des modèles numériques, dans le cadre d'une modélisation hybride

Optimisation du système de remplissage et vidange

- les dimensions de la **tulipe** de liaison des bassins d'épargne vers les aqueducs et de la **dalle** au-dessus de l'entonnement (« toit »)
- le nombre et la position des **perforations dans le radier**
- les **lois de manœuvre** des vannes des contournements de têtes et des aqueducs transversaux



MODÉLISATION PHYSIQUE DE L'ÉCLUSE DE HAUTE CHUTE DE OISY-LE-VERGER

Objectifs globaux

Validation des modèles numériques, dans le cadre d'une modélisation hybride

Optimisation du système de remplissage et vidange

- les dimensions de la **tulipe** de liaison des bassins d'épargne vers les aqueducs et de la **dalle** au-dessus de l'entonnement (« toit »)
- le nombre et la position des **perforations dans le radier**
- les **lois de manœuvre** des vannes des contournements de têtes et des aqueducs transversaux

Constat

10 prises d'eau sur les 4 bassins d'épargne (BEP) et le bassin tampon (BT)

- difficilement modifiables sur le modèle complet du système d'alimentation en eau de l'écluse
- nécessité d'un modèle séparé à plus grande échelle d'une prise d'eau

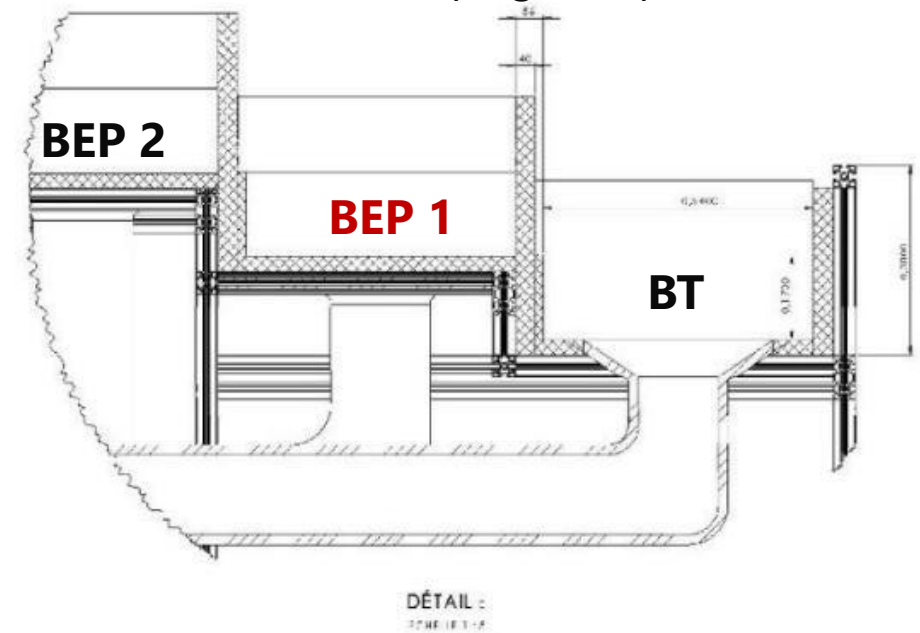
2 modèles physiques

- **Modèle d'une prise d'eau (= tulipe)** du bassin d'épargne le plus bas à l'échelle 1/13
- **Modèle complet** du système d'alimentation en eau de l'écluse à l'échelle 1/25

Objectifs spécifiques du modèle physique d'une tulipe (échelle 1/13)

- **Observation** des écoulements à 1 échelle appropriée
 - vidange du BEP: **entraînement d'air, tourbillons**
 - remplissage du BEP: **agitation, intumescence**
- **Vérification et** recherche d'**optimisation** hydraulique de **l'ensemble tulipe & toit**
- Estimation des **coefficients de perte de charge** associés à l'écoulement dans cette prise d'eau, en remplissage et en vidange de l'écluse
- Vérification de l'intérêt d'un **matelas d'eau** permanent dans les bassins d'épargne et, le cas échéant, optimisation de son **épaisseur**

Choix du bassin d'épargne le plus bas (BEP 1)

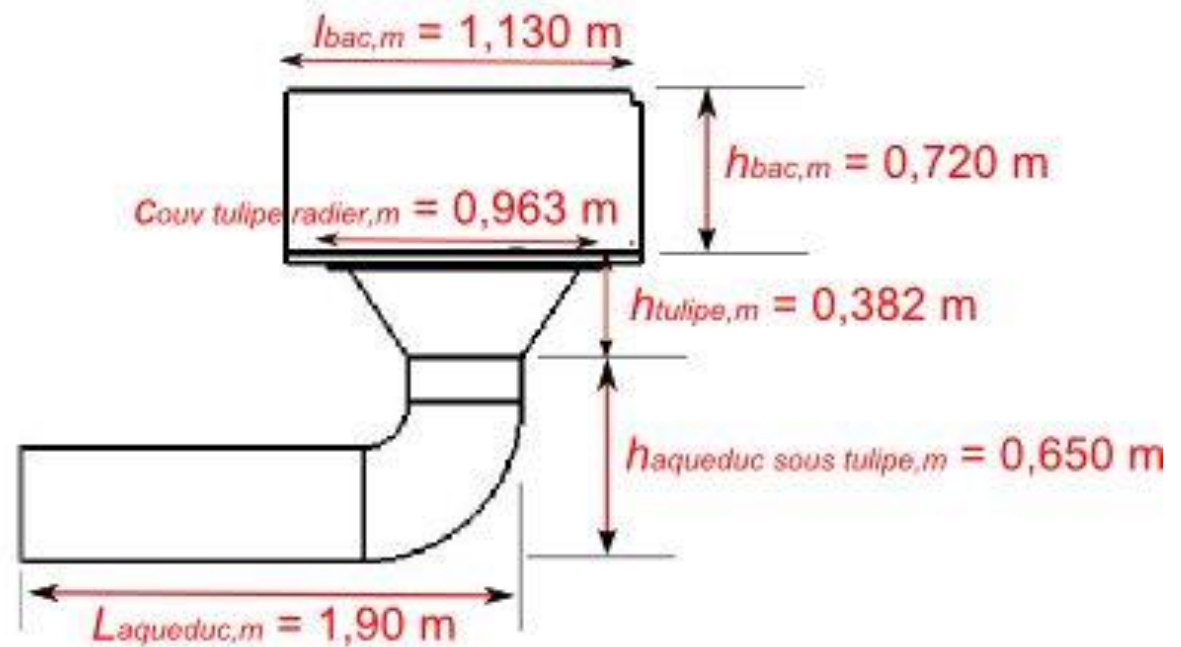
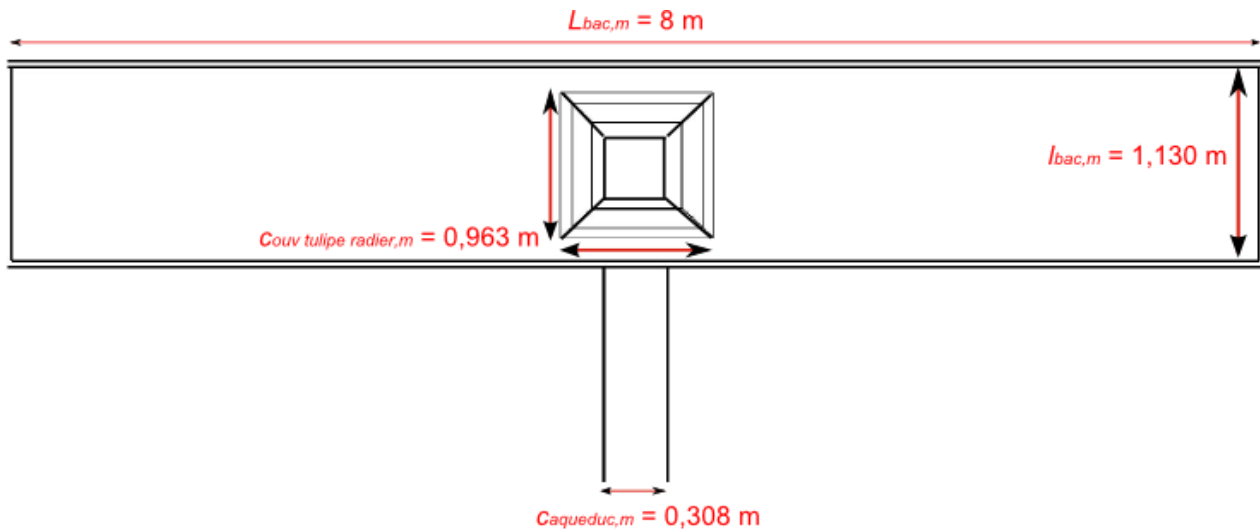


MODÉLISATION PHYSIQUE DE L'ÉCLUSE DE HAUTE CHUTE DE OISY-LE-VERGER (1/13)

DIMENSIONS PRINCIPALES

1/2 BEP 1

Échelle 1/13



Cf. ONE (2022), Mission MC05: Modèles physiques des écluses. Rapport final de la modélisation physique de la tulipe du bassin d'épargne n°1 de l'écluse de Oisy-le-Verger, ref ONE5_M045_5B_GETM_HYDR_ECLUS_RAPP_0002-00

MODÉLISATION PHYSIQUE DE L'ÉCLUSE DE HAUTE CHUTE DE OISY-LE-VERGER (1/13)

INSTRUMENTATION

Estimation des pertes de charge

- Par mesure de pression différentielles (Δ cote piézométrique)
 - dues à l'entonnement
 - dues au coude
- Capteur de pression différentielle
 - fond d'échelle: 50 mbar
 - précision: 0,05 mbar = 0,5 mm
 - jeu de robinets + purge



MODÉLISATION PHYSIQUE DE L'ÉCLUSE DE HAUTE CHUTE DE OISY-LE-VERGER (1/13)

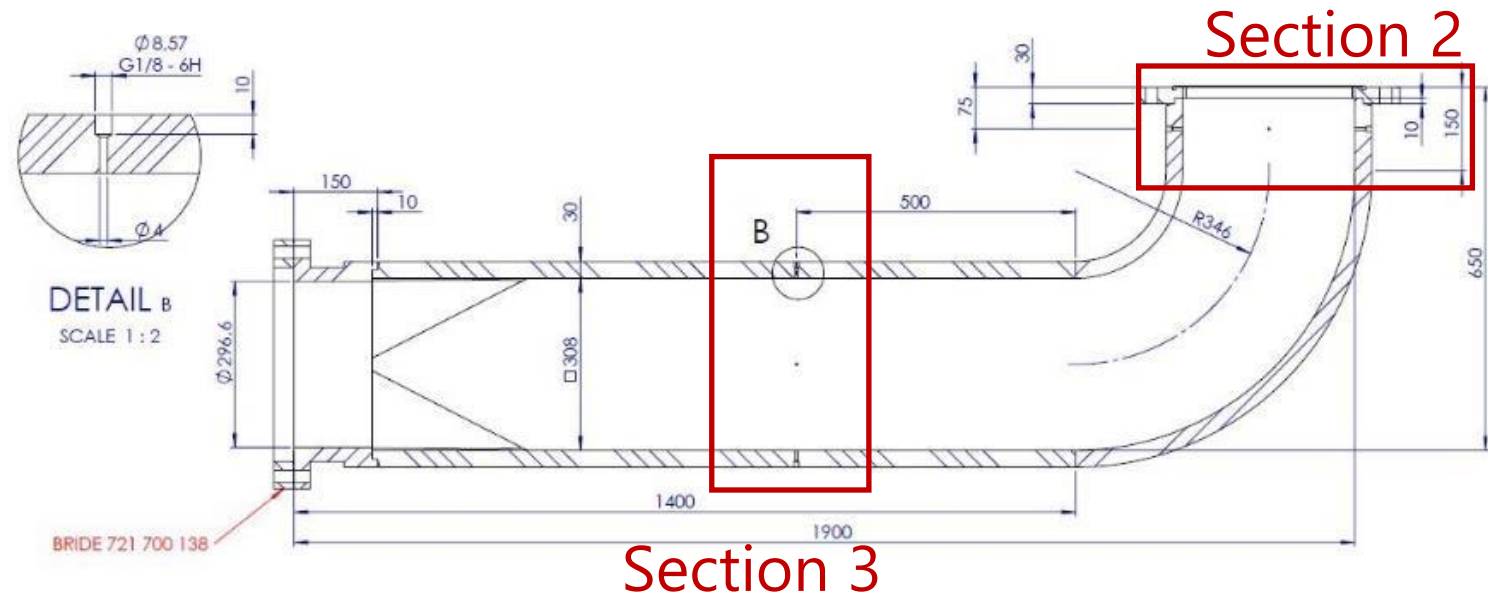
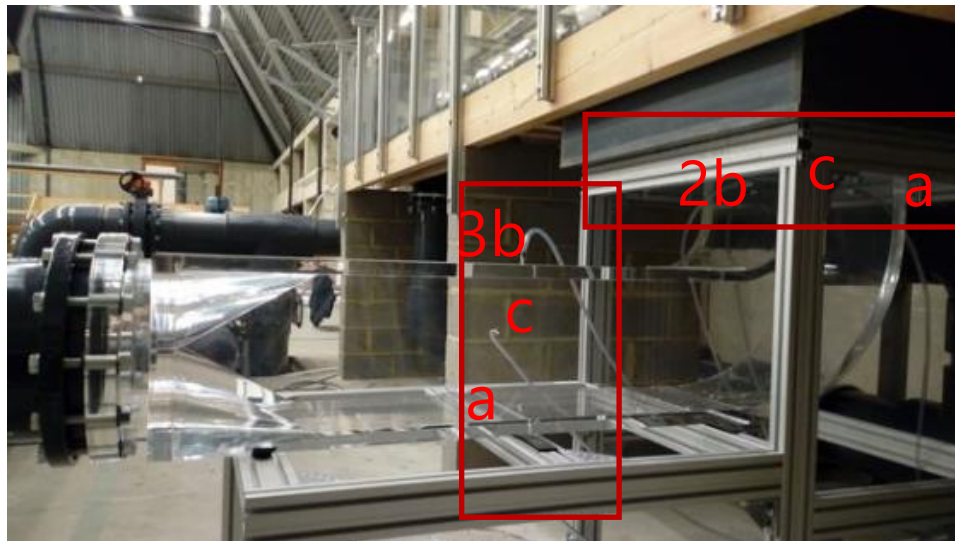
INSTRUMENTATION

Estimation des pertes de charge

- Prises de pression
 - affleurantes
 - perpendiculaires à la paroi
 - $\phi = 8 \text{ mm}$
 - localisées sur 3 sections



Référence = radier du BEP



MODÉLISATION PHYSIQUE DE L'ÉCLUSE DE HAUTE CHUTE DE OISY-LE-VERGER (1/13)

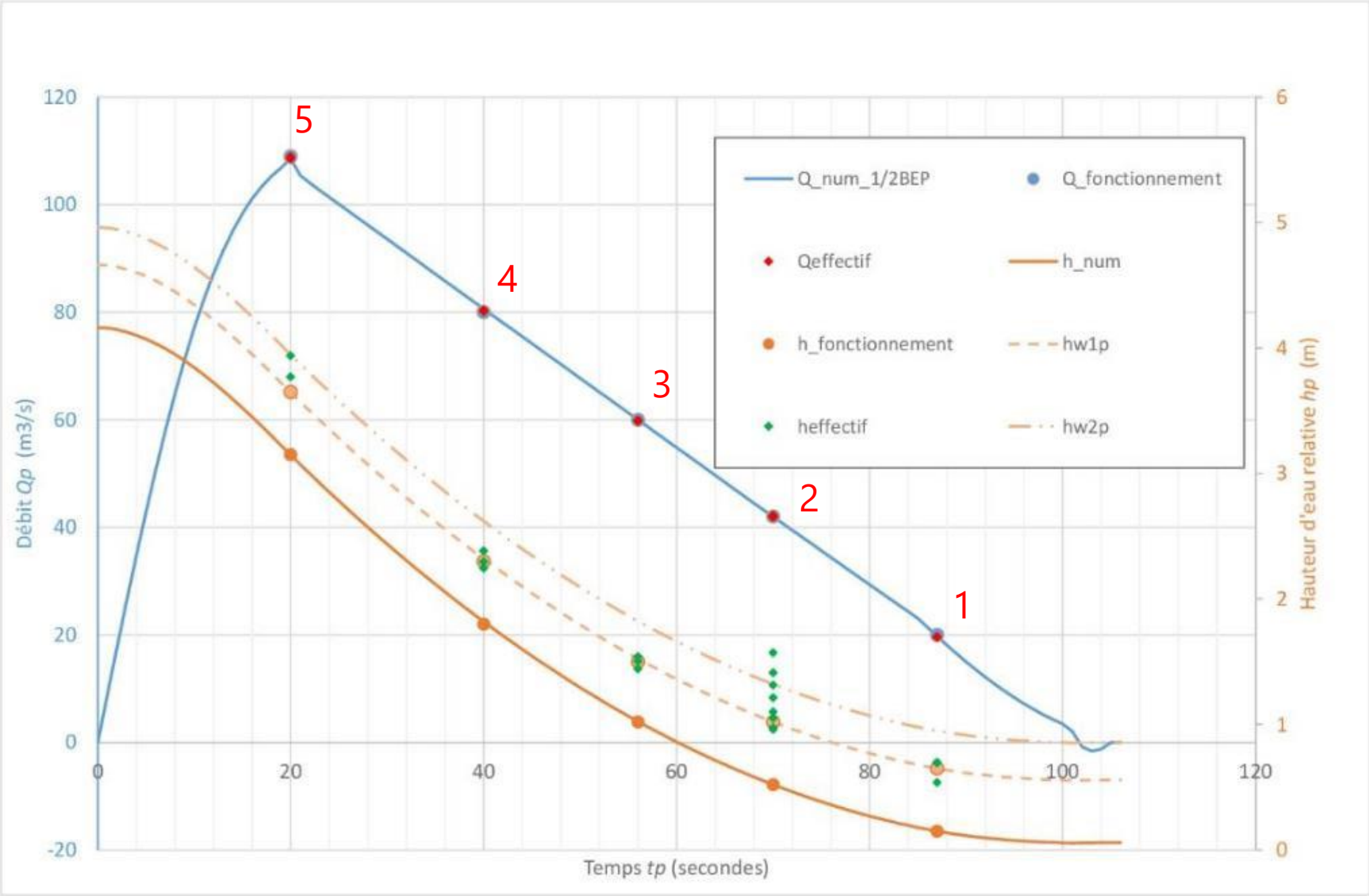
PROGRAMME DES ESSAIS

Points de fonctionnement

Vidange du BEP

Matelas d'eau $h_{w,p}$

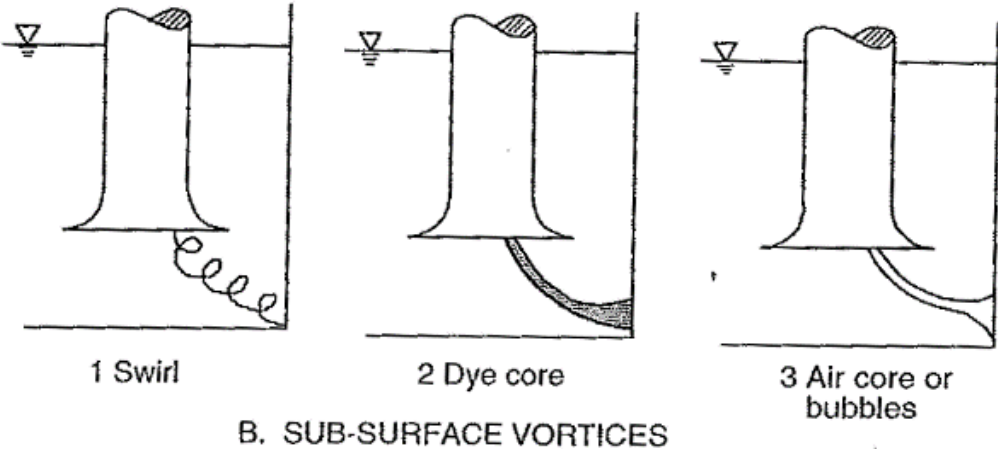
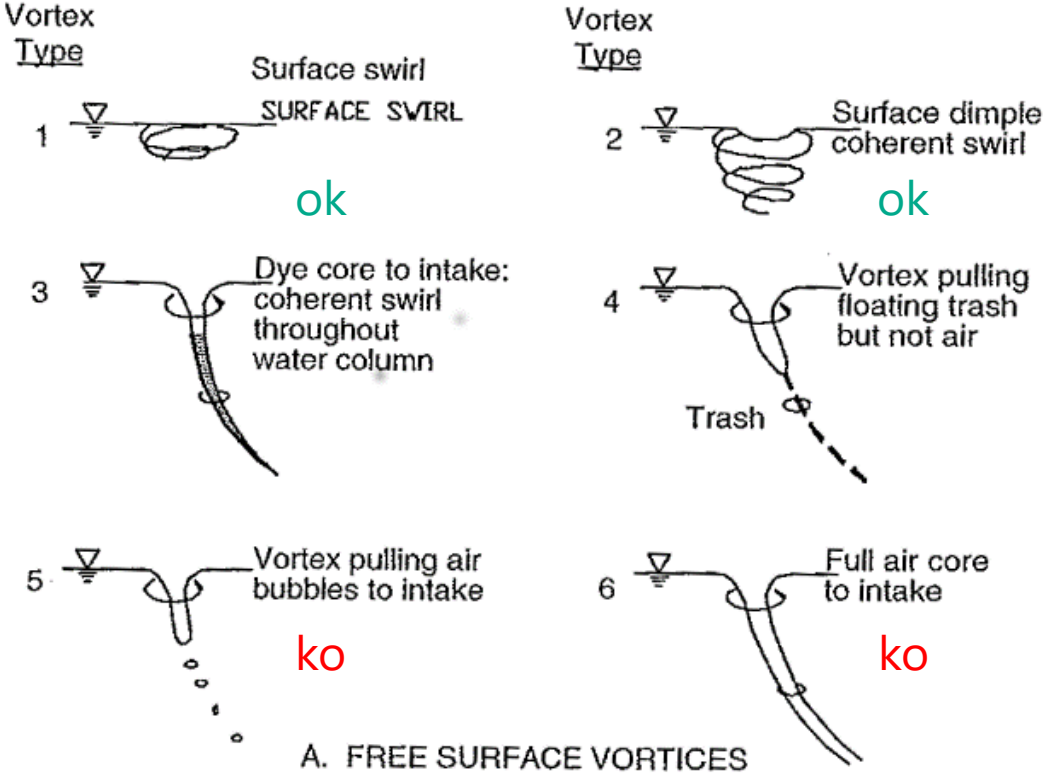
- $h_{w1,p} = 50 \text{ cm}$
- $h_{w2,p} = 80 \text{ cm}$
- ($h_{w3,p} = 1 \text{ m}$)



MODÉLISATION PHYSIQUE (1/13)

CLASSIFICATION DES TOURBILLONS

Standards ANSI 1998

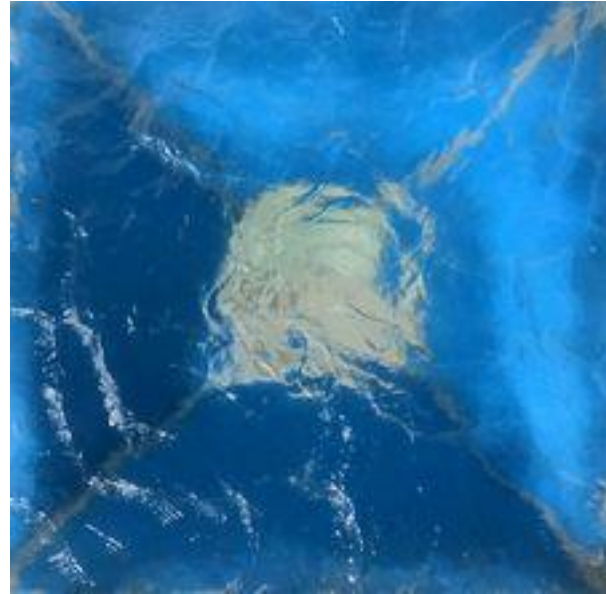


MODÉLISATION PHYSIQUE DE L'ÉCLUSE DE HAUTE CHUTE DE OISY-LE-VERGER (1/13)

PHASE 1.1: VIDANGE, SANS TOIT, H_{w1}

$$Q_{v4,p} = 80 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$h_{w1,p} = 0,50 + 1,80 = 2,30 \text{ m}$$



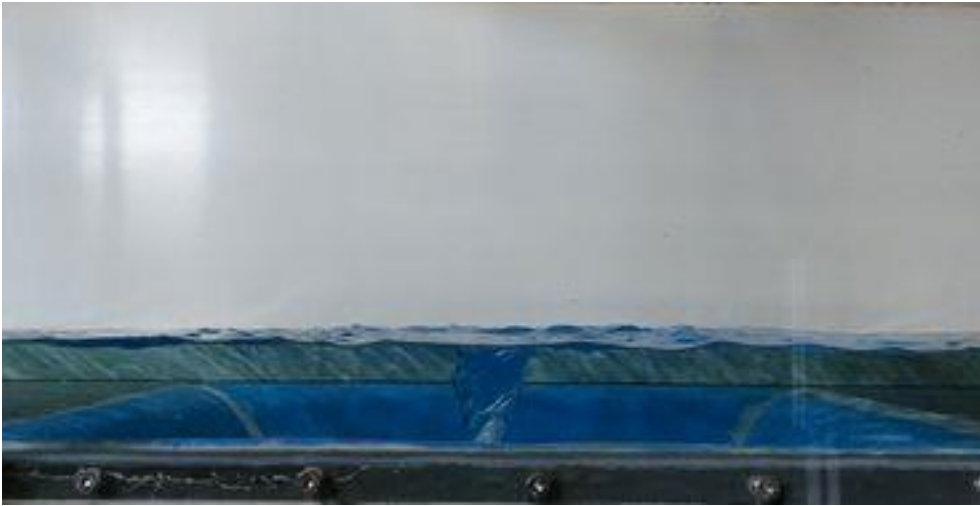
➡ Tourbillon de type 6 établi
Entrainement d'air conséquent

MODÉLISATION PHYSIQUE DE L'ÉCLUSE DE HAUTE CHUTE DE OISY-LE-VERGER (1/13)

PHASE 1.1: VIDANGE, SANS TOIT, H_{w1}

$$Q_{v2,p} = 42 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$h_{w1,p} = 0,50 + 0,52 = 1,02 \text{ m}$$



➡ Tourbillon de type 6 établi
Entrainement d'air conséquent

Observations en vidange sans toit

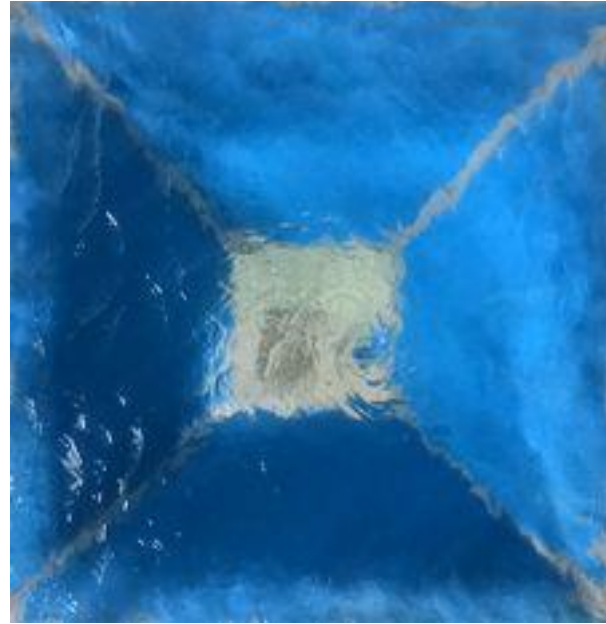
- phénomènes de tourbillon pour tous les Q_v
- entrainement d'air dans la conduite

MODÉLISATION PHYSIQUE DE L'ÉCLUSE DE HAUTE CHUTE DE OISY-LE-VERGER (1/13)

PHASE 1.2: VIDANGE, SANS TOIT, H_w VARIABLE

$$Q_{v2,p} = 42 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$h_{w3,p} = 1,00 + 0,52 = 1,52 \text{ m}$$



➡ Tourbillons de type 5 et 6
Entrainement d'air conséquent

Observations en vidange sans toit

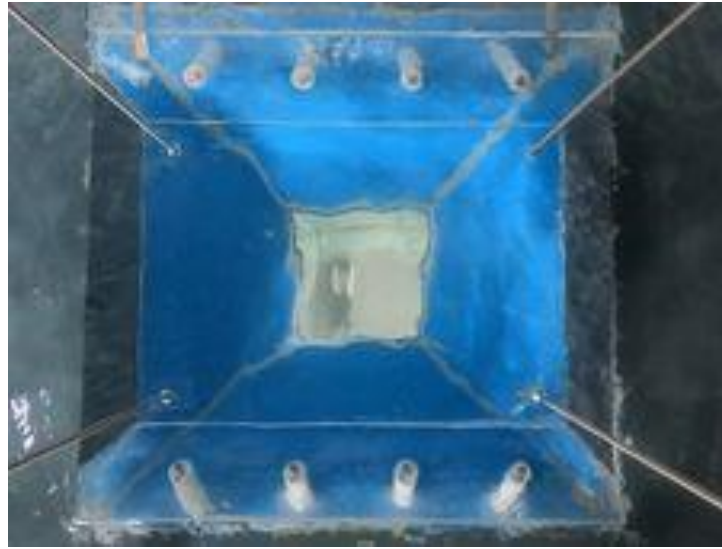
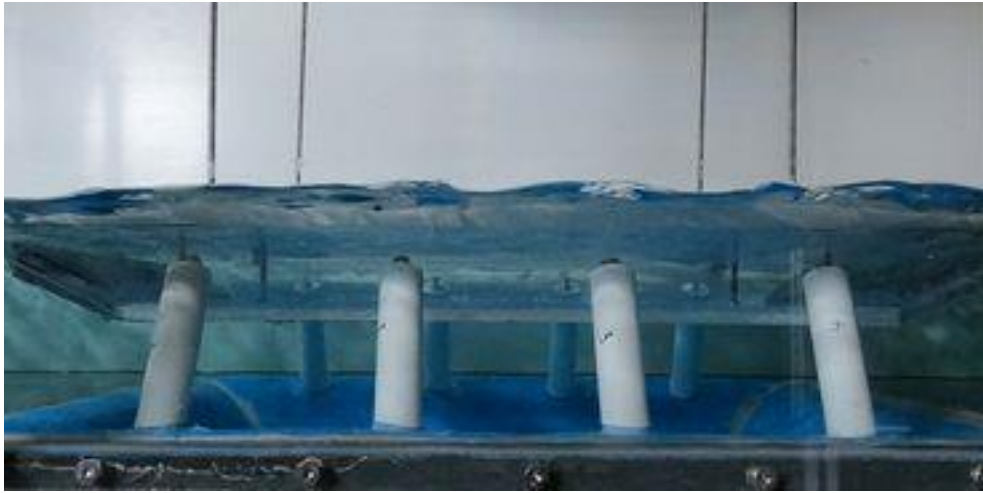
- pas d'impact favorable d'une augmentation du matelas d'eau sur l'entraînement d'air
- **Nécessité d'une structure de dissipation**

MODÉLISATION PHYSIQUE DE L'ÉCLUSE DE HAUTE CHUTE DE OISY-LE-VERGER (1/13)

PHASE 1.3: VIDANGE, AVEC TOIT, H_{w1}

$$Q_{v4,p} = 80 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$h_{w1,p} = 0,50 + 1,80 = 2,30 \text{ m}$$



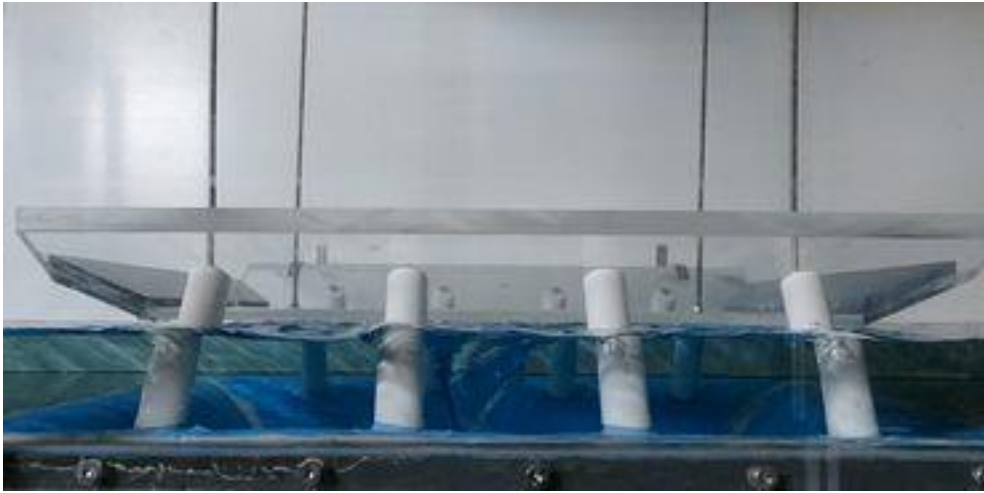
➡ Rares tourbillons de type 3
Faible entrainement d'air

MODÉLISATION PHYSIQUE DE L'ÉCLUSE DE HAUTE CHUTE DE OISY-LE-VERGER (1/13)

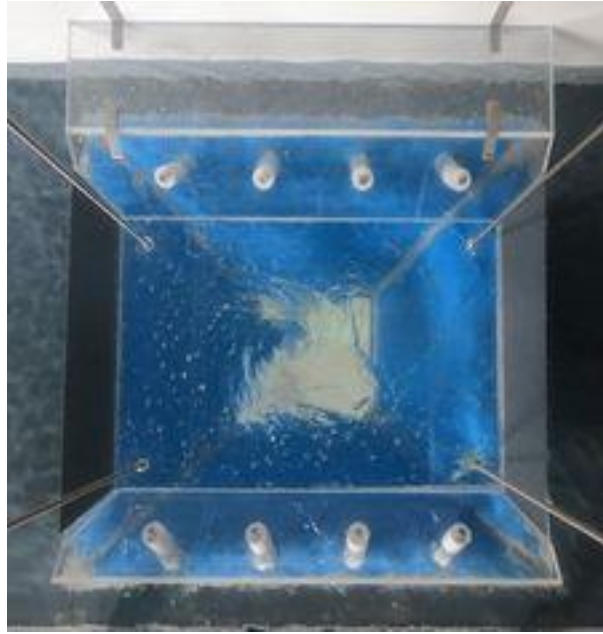
PHASE 1.3: VIDANGE, AVEC TOIT, H_{w1}

$$Q_{v2,p} = 42 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$h_{w1,p} = 0,50 + 0,52 = 1,02 \text{ m}$$



➡ Tourbillon de type 6 établi
Entrainement d'air conséquent



Observations en vidange avec toit, h_{w1}

- tourbillons et entrainement d'air dans la conduite pour Q_{v2} (toit dénoyé)
- phénomènes limités pour les autres Q_v (toit noyé)
- **Solution partiellement efficace**

MODÉLISATION PHYSIQUE DE L'ÉCLUSE DE HAUTE CHUTE DE OISY-LE-VERGER (1/13)

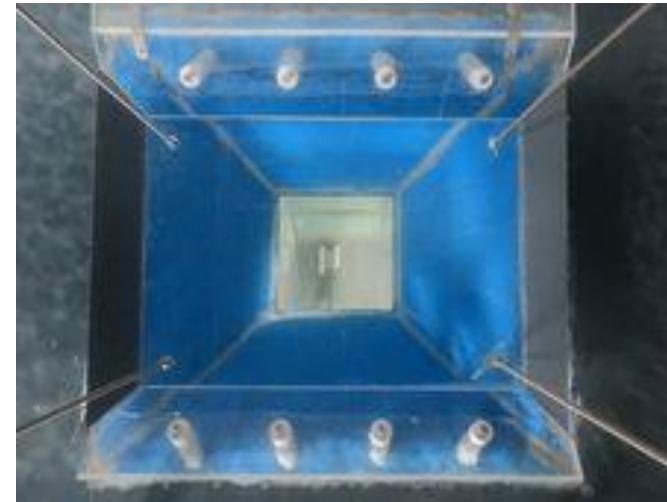
PHASE 1.4: VIDANGE, AVEC TOIT, H_{w2}

$$Q_{v2,p} = 42 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$h_{w2,p} = 0,80 + 0,52 = 1,32 \text{ m}$$



➡ Tourbillon de type 2 ou type 3 intermittent
Peu d'entraînement d'air



Observations en vidange avec toit, h_{w2}

- l'augmentation du matelas d'eau limite substantiellement les tourbillons et l'entraînement d'air dans la conduite pour Q_{v2}
- **Solution efficace**

MODÉLISATION PHYSIQUE DE L'ÉCLUSE DE HAUTE CHUTE DE OISY-LE-VERGER (1/13)

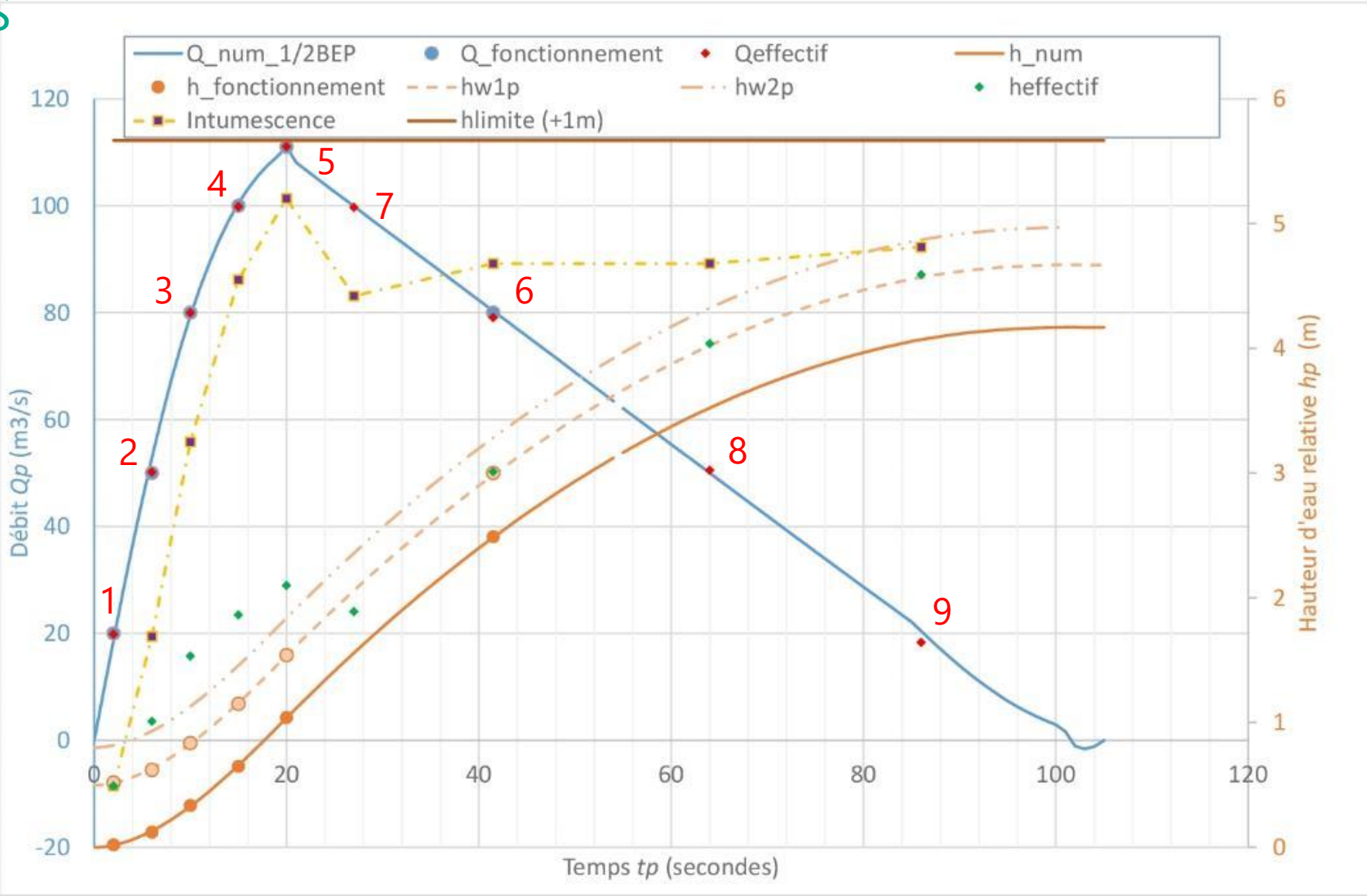
PROGRAMME DES ESSAIS

Points de fonctionnement

Remplissage du BEP

Matelas d'eau $h_{w,p}$

- $h_{w1,p} = 50 \text{ cm}$
- $h_{w2,p} = 80 \text{ cm}$
- ($h_{w3,p} = 1 \text{ m}$)

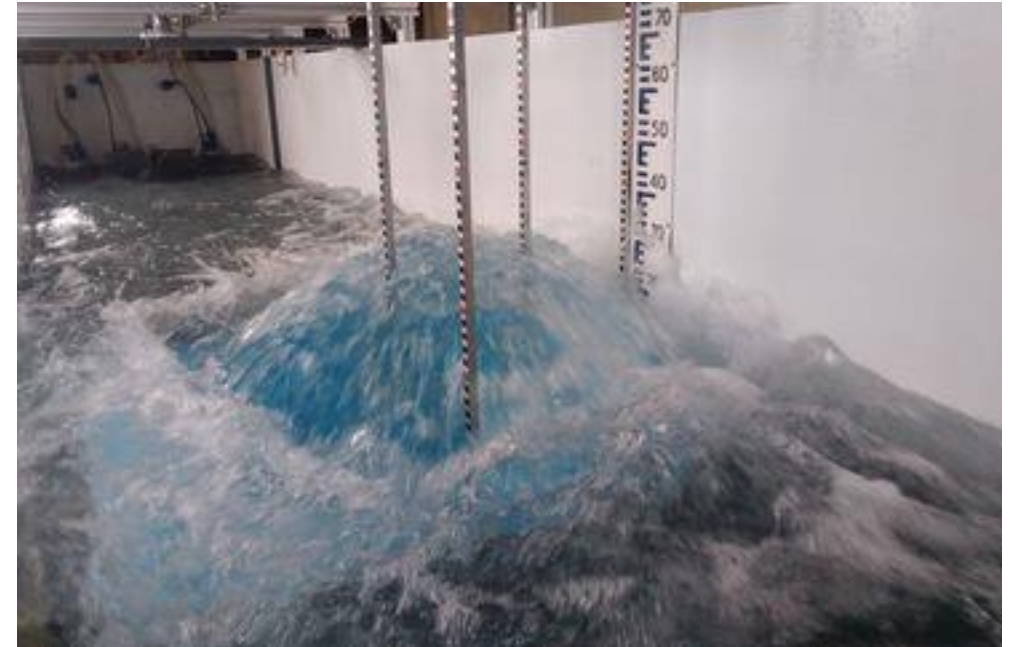
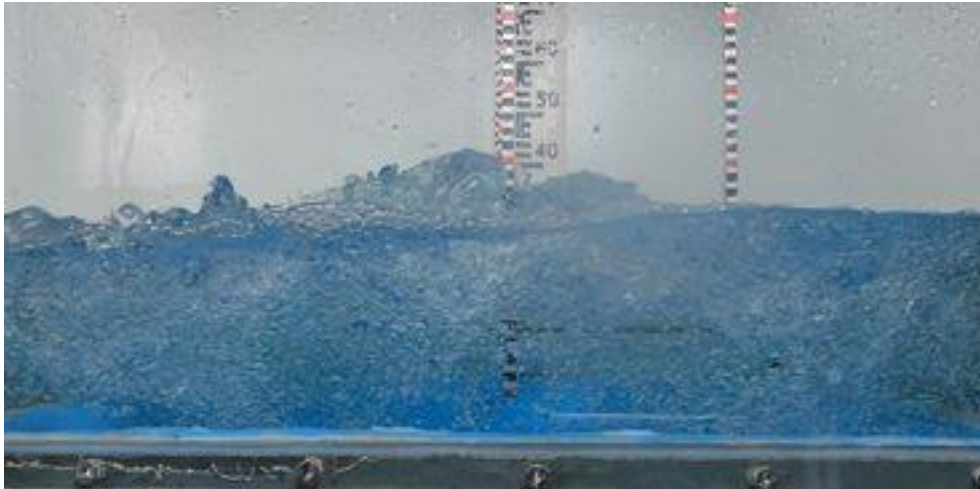


MODÉLISATION PHYSIQUE DE L'ÉCLUSE DE HAUTE CHUTE DE OISY-LE-VERGER (1/13)

PHASE 1.1: REMPLISSAGE, SANS TOIT, H_{W1}

$$Q_{r7,p} = 100 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$h_{w1,p} = 0,50 + 1,55 = 2,05 \text{ m}$$



Observations en remplissage sans toit

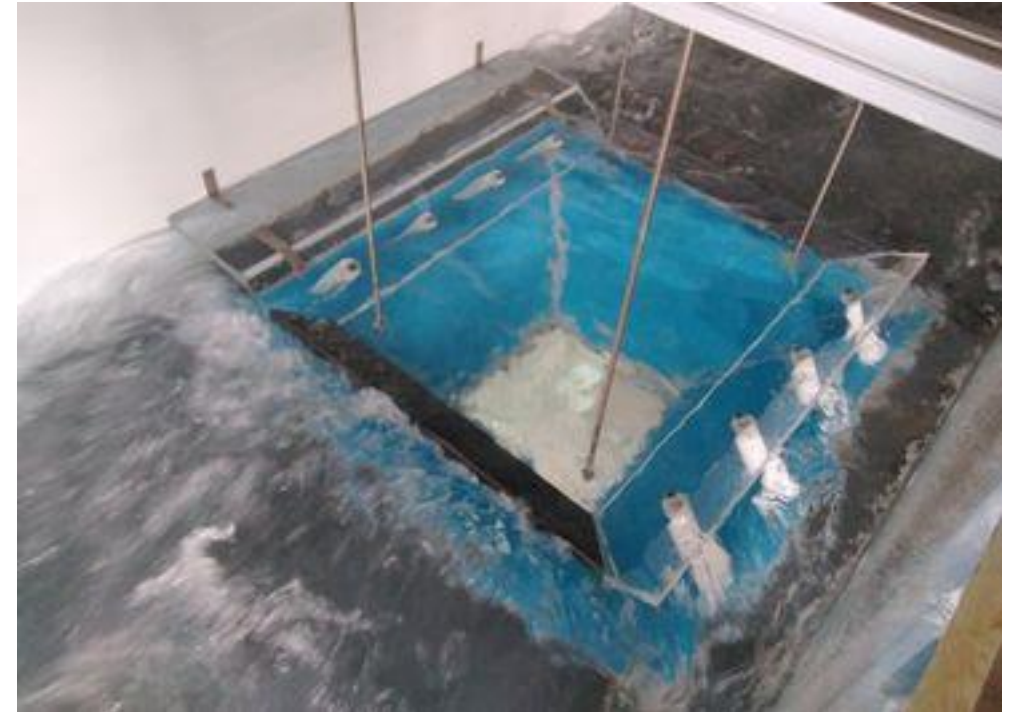
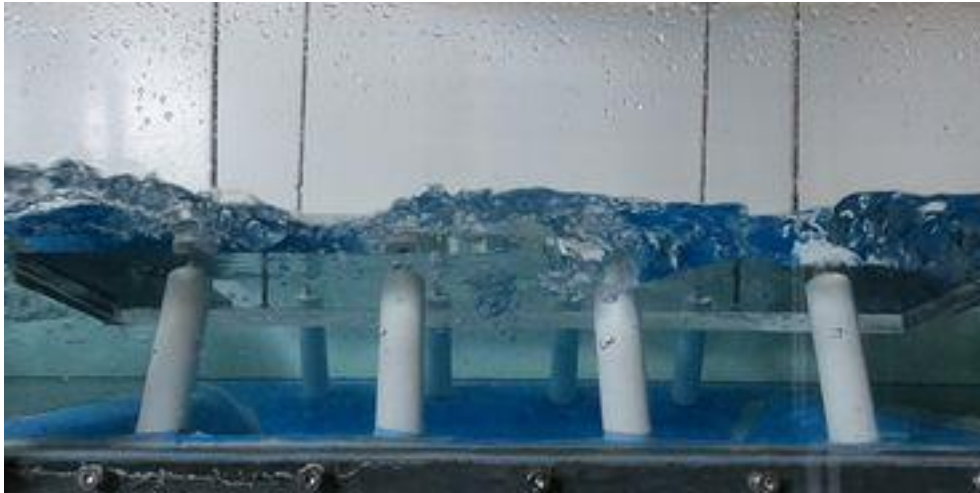
- l'intumescence maximale observée est acceptable

MODÉLISATION PHYSIQUE DE L'ÉCLUSE DE HAUTE CHUTE DE OISY-LE-VERGER (1/13)

PHASE 1.5: REMPLISSAGE, AVEC TOIT, H_{w1}

$$Q_{r7,p} = 100 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$h_{w1,p} = 0,50 + 1,55 = 2,05 \text{ m}$$



Observations en remplissage avec toit

- le toit atténue fortement l'agitation dans le BEP
- **Solution efficace**

MODÉLISATION PHYSIQUE DE L'ÉCLUSE DE HAUTE CHUTE DE OISY-LE-VERGER (1/13)

CONCLUSIONS

Critère déterminant:

limitation des tourbillons et de l'entraînement d'air dans l'aqueduc **en vidange du BEP**

- Nécessité d'une structure de dissipation
- Solution recommandée: toit avec matelas d'eau $h_{matelas} \geq 80$ cm

En remplissage:

- Agitation et intumescences maximales acceptables

Coefficients de perte de charge:

Avec toit, matelas 1	Vidange du BEP	Remplissage du BEP
Total (entonnement + coude)	0,34	0,89
Entonnement	0,14	0,69
Coude	0,20	0,20

Solution retenue

- **Toit** au-dessus de l'entonnement à 1,16m au-dessus du sommet des prises d'eau
- **Approfondissement local** des prises d'eau de 40 cm
- **Matelas d'eau permanent** de 50 cm au-dessus du radier des bassins d'épargne (= 90 cm au-dessus des prises d'eau)

MODÉLISATION PHYSIQUE DE L'ÉCLUSE DE HAUTE CHUTE DE OISY-LE-VERGER (1/25)

Objectifs spécifiques du modèle physique complet de l'écluse à l'échelle 1/25

Optimisation du système d'alimentation en eau en remplissage et en vidange du sas

Pour minimiser le temps de sassement

- $T_{\text{remplissage}} \leq 13$ minutes
- $T_{\text{vidange}} \leq 15$ minutes

Pour limiter les efforts dans les amarres

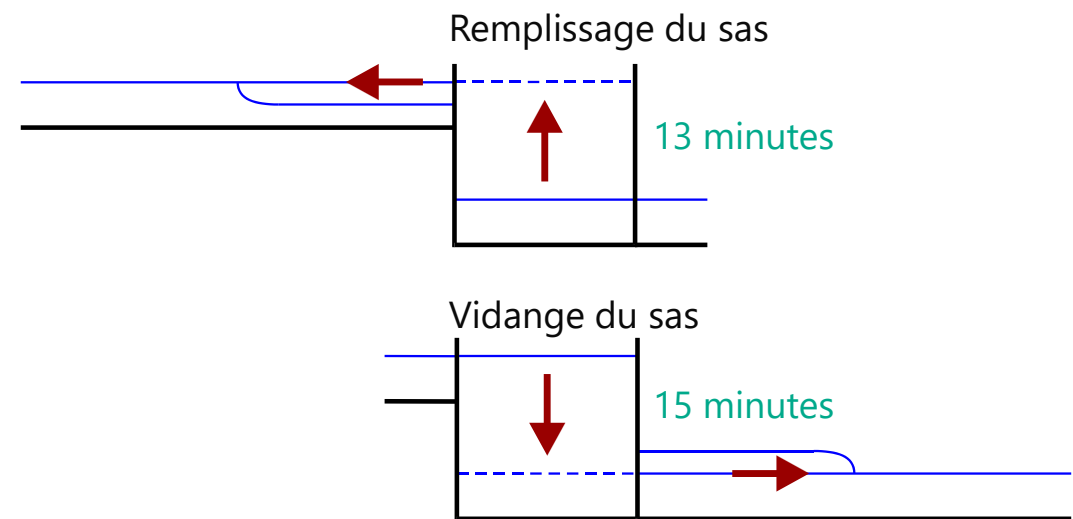
- $F_{\text{longitudinal}} \leq 0,70/1000$
- $F_{\text{transversal}} \leq 0,35/1000$

Pour limiter les ondes de sassement dans les biefs

- $Q_{\text{max, amont}} \leq 70 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q_{\text{max, aval}} \leq 35 \text{ m}^3/\text{s}$

Afin de respecter ces critères de performance, il faut:

- (1) **Paramétrer** et **valider** la **modélisation numérique**;
- (2) Déterminer la meilleure répartition et l'inclinaison optimale des **ouvertures du radier perforé**;
- (3) Optimiser finement les **lois de manœuvre** des 14 vannes.



MODÉLISATION PHYSIQUE DE L'ÉCLUSE DE HAUTE CHUTE DE OISY-LE-VERGER (1/25)

DIMENSIONS PRINCIPALES

Échelle 1/25

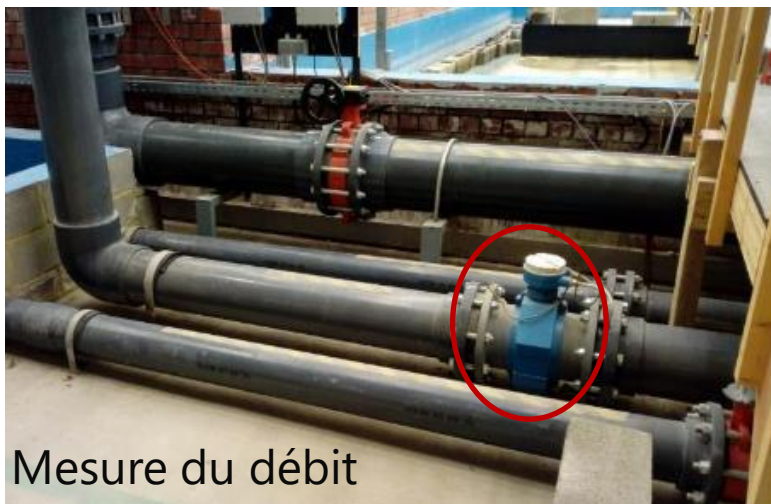


MODÉLISATION PHYSIQUE DE L'ÉCLUSE DE HAUTE CHUTE DE OISY-LE-VERGER (1/25) CONVOI CEMENT VB



©SPW

MODÉLISATION PHYSIQUE DE L'ÉCLUSE DE HAUTE CHUTE DE OISY-LE-VERGER (1/25) INSTRUMENTATION



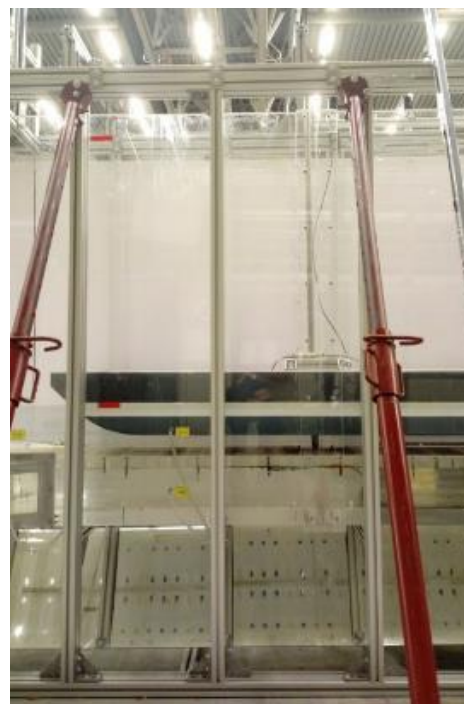
Mesure du débit



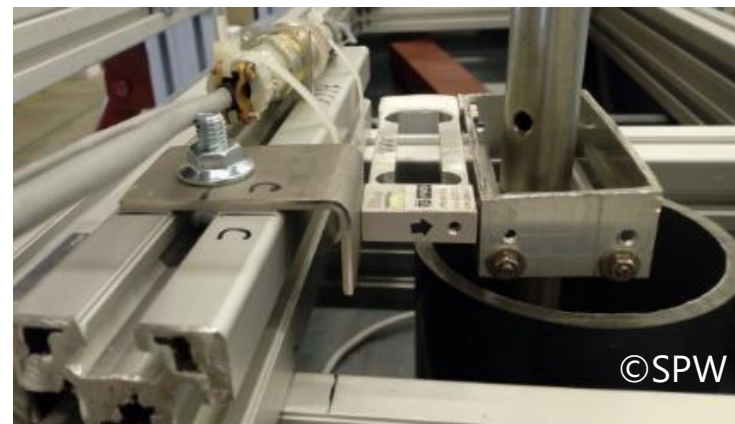
Mesure de pression différentielle



Mesure de niveau d'eau



Mesure des efforts sur le convoi



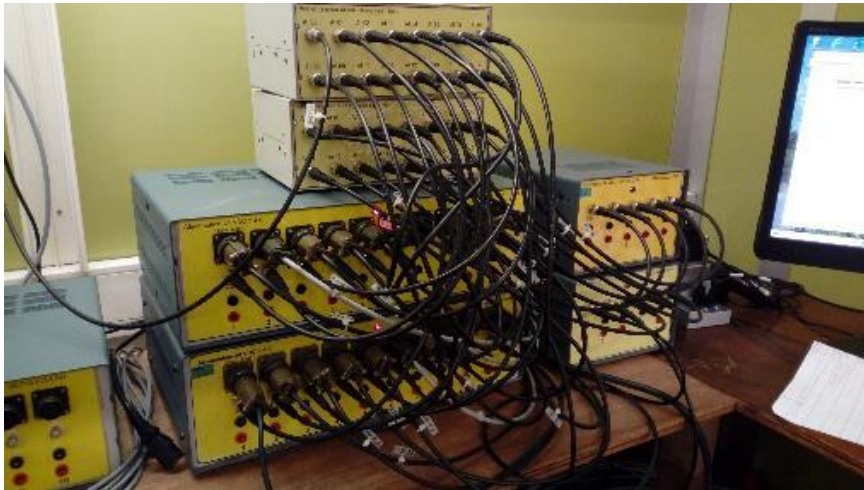
©SPW

MODÉLISATION PHYSIQUE DE L'ÉCLUSE DE HAUTE CHUTE DE OISY-LE-VERGER (1/25) INSTRUMENTATION

Chaine d'acquisition

Enregistrement des résultats des mesures

- sur PC, via logiciel HydroCap4
- Jusqu'à 64 entrées
- 14 sorties
- 5 Hz

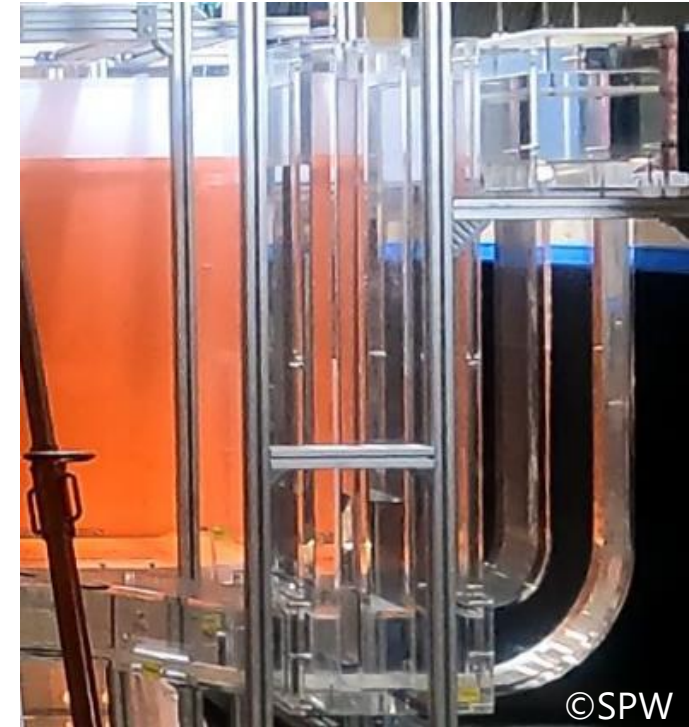


MODÈLE PHYS. (1/25) PROGRAMME D'ESSAIS

Phase de test	Objectif	Type de mesure	Radier + CD	Convoi	Lois d'ouverture	Vidange / remplissage	Mode	Nombre de tests
0	Calibration des instruments	/	AVP	sans	AVP	/	normal	45 capteurs
0 bis	Pré-optimisation des lois d'ouverture	Niveaux	AVP		AVPv1, v2, v3	Vidange et remplissage	normal	+/- 6
1	Observation bassin tampon et prises d'eau des contournements amont et aval	Observations Colorant Niveaux	AVP	sans	Vv2, Rv3	Vidange et remplissage	normal	+/-10
2	Choix préliminaire radier 1	Colorant et traceurs Niveaux et pentes	AVP	sans	Vv2, Rv3	Vidange et remplissage	normal et dégradé	+/-10
			6 configurations	sans	Vv2, Rv3	Vidange et remplissage	normal	+/-40
3	Décentrage des tulipes du BEP 1	Observations Niveaux (BEP1)	1 configuration	Vb	Vv2, Rv3	Vidange et remplissage	normal	4
0 bis	Calibration des instruments	/	AVP	Vb	Vv2, Rv3	/	normal	7 capteurs
4	Choix préliminaire radier 2	Niveaux et pentes Efforts amarrage Rouli et tangage Pertes de charge	optimisé	Vb	Vv2, Rv3	Vidange et remplissage	normal	4
5	Optimisation des lois d'ouverture en mode normal	Niveaux et pentes Efforts amarrage Rouli et tangage Pertes de charge	optimisé	Vb	Aqueducs BEP : à optimiser	Vidange et remplissage	normal	8
				Vb	Contournement: à optimiser	Vidange et remplissage	normal	8
6	Optimisation des lois d'ouverture en mode dégradé	idem	optimisé	Vb	BEP1: à optimiser	Remplissage	dégradé	8
7	Validation	idem	optimisé	Vb	optimisées	Cycle	normal	2
9	Validation complémentaire convoi Va	idem	optimisé	Va	optimisées	Vidange et remplissage	normal	4 (= 2 positions)

MODÉLISATION PHYSIQUE DE L'ÉCLUSE DE HAUTE CHUTE DE OISY-LE-VERGER (1/25)

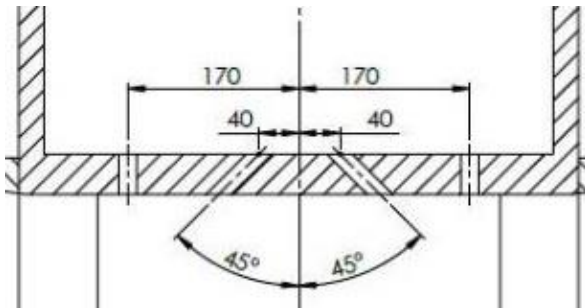
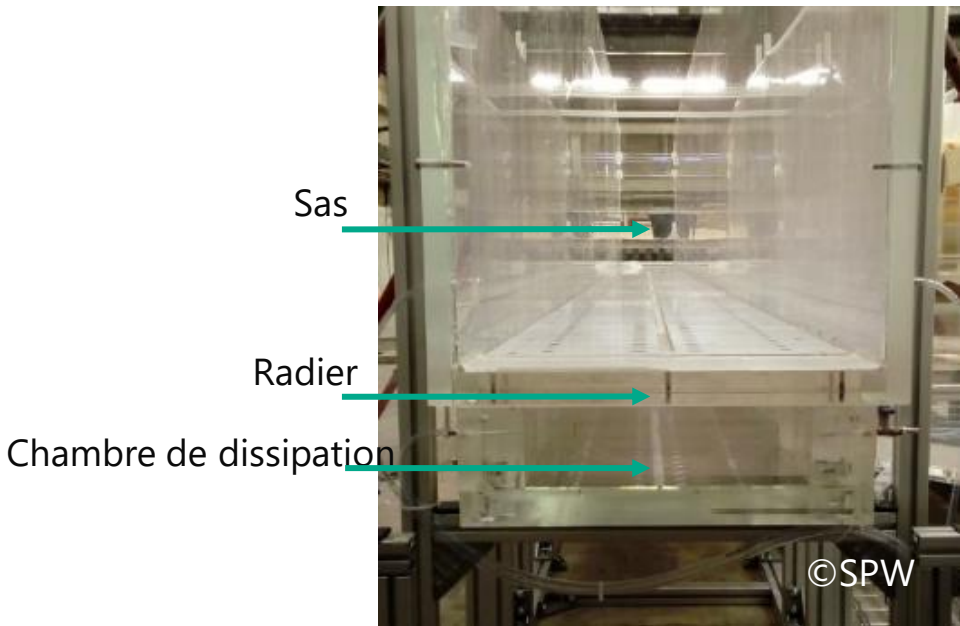
RÉSULTAT: OBSERVATIONS VISUELLES



Risques d'entraînement d'air?

- Oui, sur les prises d'eau de la tête amont.
- Solution: placer un toit au-dessus des prises d'eau amont, à 1m sous le niveau d'eau.

MODÉLISATION PHYSIQUE DE L'ÉCLUSE DE HAUTE CHUTE DE OISY-LE-VERGER (1/25) RÉSULTAT: CHOIX DU RADIER OPTIMAL



Répartition longitudinale des orifices?

- Quasi homogène, sauf au droit des aqueducs

Orifices verticaux ou inclinés?

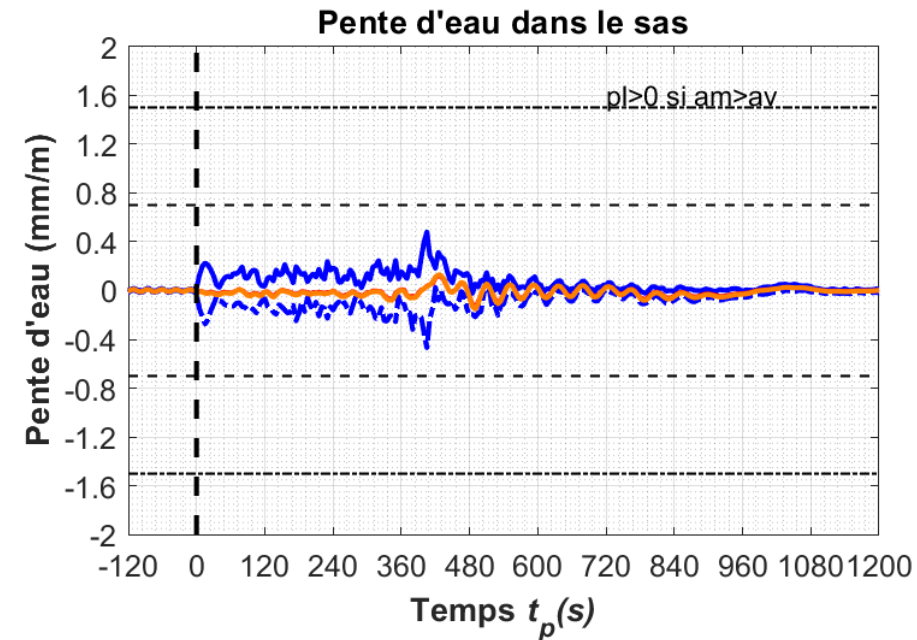
- Inclinés à 45°

MODÉLISATION PHYSIQUE DE L'ÉCLUSE DE HAUTE CHUTE DE OISY-LE-VERGER (1/25)

RÉSULTAT: CHOIX DU RADIER OPTIMAL

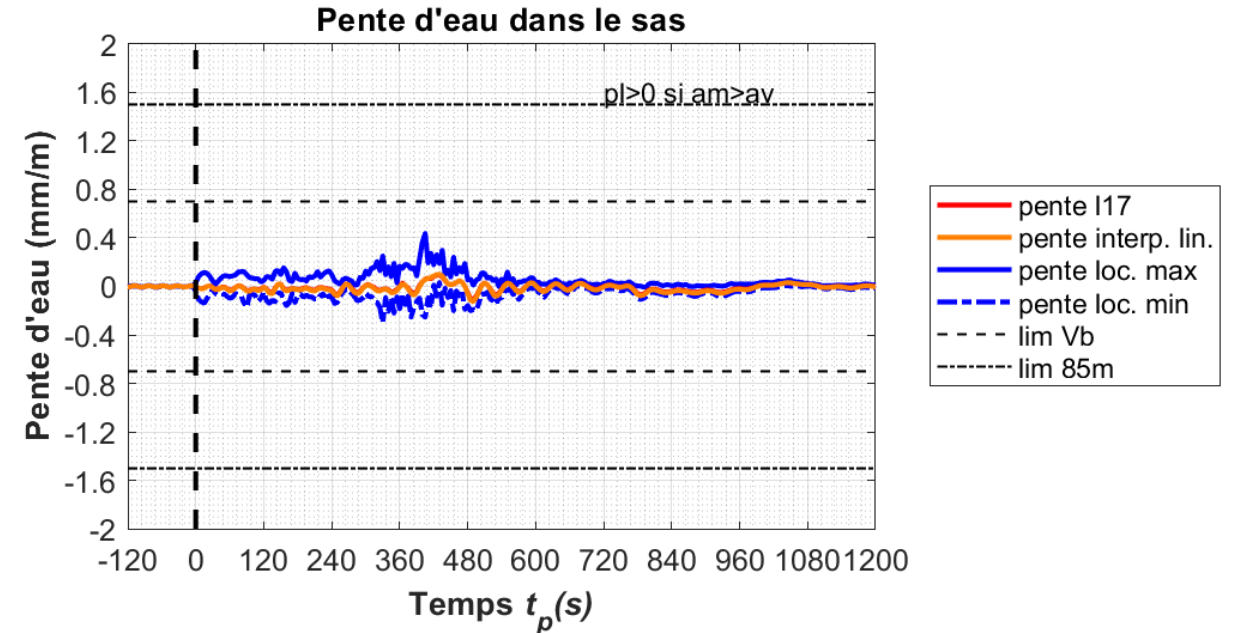
Géométrie 1a: orifices centraux inclinés
Répartition longitudinale **non homogène**

Oisy02-06-Convoi0-Radier1a-LoiAVPv2-ModeN_v-20220622



Géométrie 1b: orifices centraux inclinés
Répartition longitudinale **homogène**

Oisy02-16-Convoi0-Radier1b-LoiAVPv2-ModeN_v-20220628



Mesure des pentes d'eau longitudinales en vidange du sas:

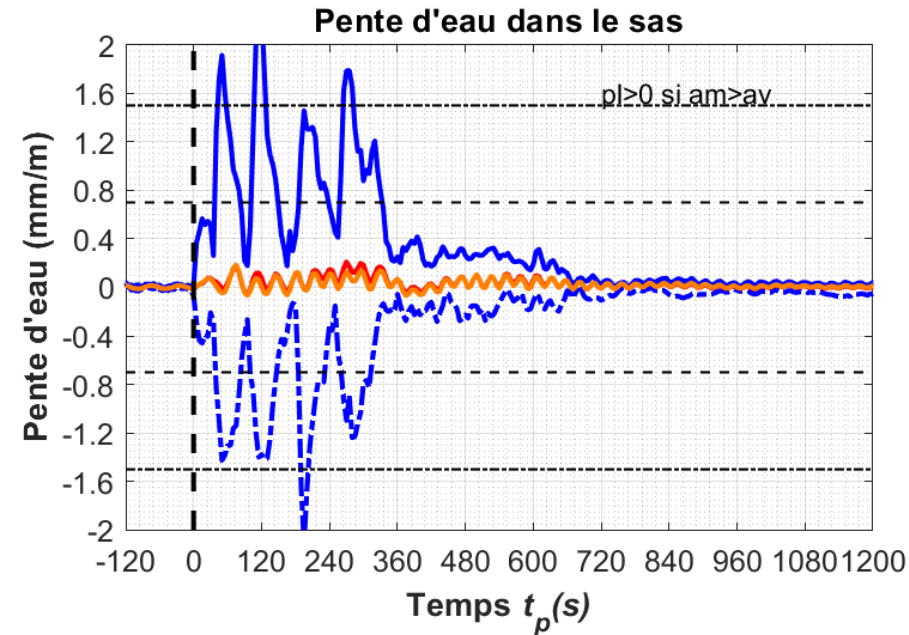
- Pentes plus faibles si répartition longitudinale homogène des orifices
- Faible impact en vidange du sas
- Pente maximale à l'ouverture de la tête aval

MODÉLISATION PHYSIQUE DE L'ÉCLUSE DE HAUTE CHUTE DE OISY-LE-VERGER (1/25)

RÉSULTAT: CHOIX DU RADIER OPTIMAL

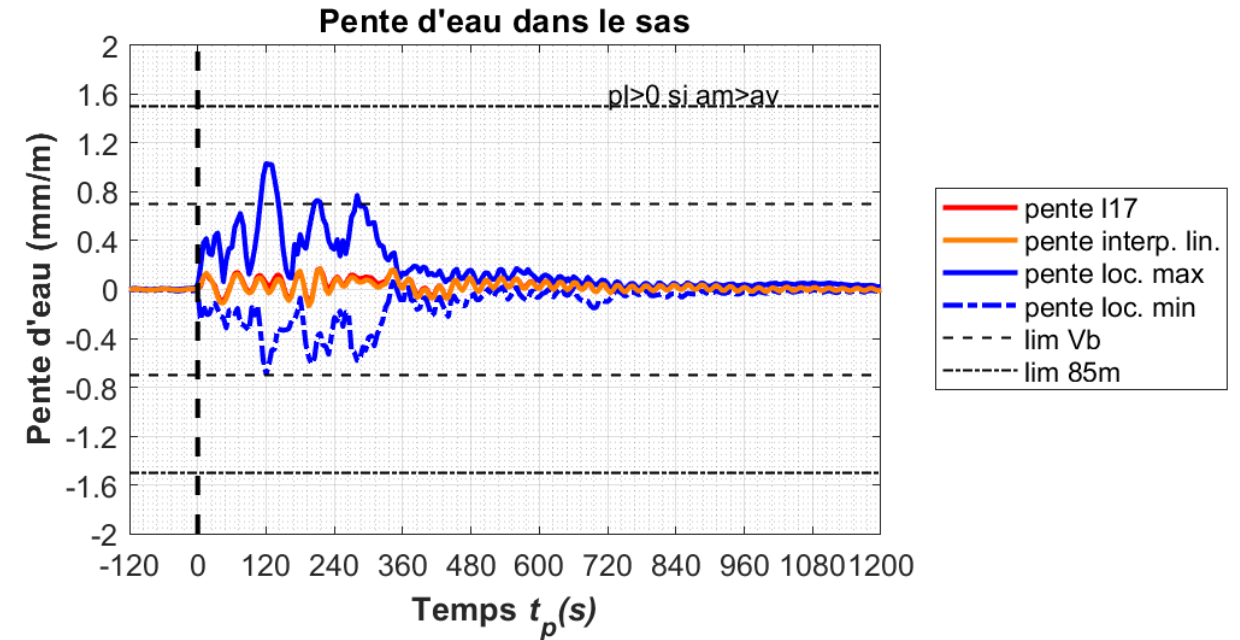
Géométrie 1a: orifices centraux inclinés
Répartition longitudinale **non homogène**

Oisy02-05-Convoi0-Radier1a-LoiAVPv3-ModeN_R-20220622



Géométrie 1b: orifices centraux inclinés
Répartition longitudinale **homogène**

Oisy02-21-Convoi0-Radier1b-LoiAVPv3-ModeN_R-20220629



Mesure des pentes d'eau longitudinales en remplissage du sas:

- Pentes plus faibles si répartition homogène des orifices
- La répartition homogène est bénéfique en vidange et en remplissage
- Le remplissage via bassins d'épargne est plus critique que la vidange

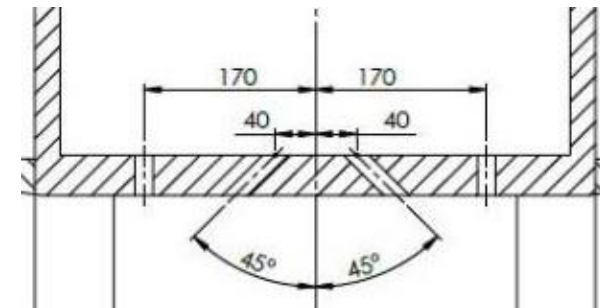
MODÉLISATION PHYSIQUE DE L'ÉCLUSE DE HAUTE CHUTE DE OISY-LE-VERGER (1/25)

RÉSULTAT: CHOIX DU RADIER OPTIMAL

Géométrie 2a: orifices **verticaux**
Répartition longitudinale homogène



Géométrie 1b: orifices centraux **inclinés**
Répartition longitudinale homogène

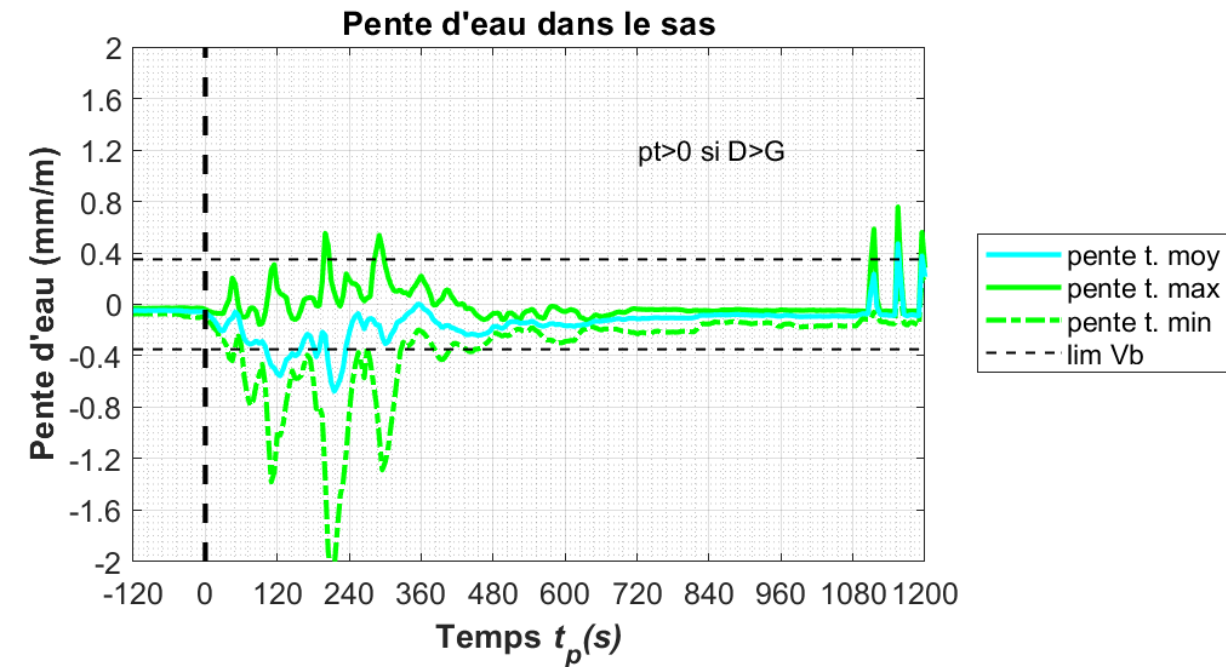


MODÉLISATION PHYSIQUE DE L'ÉCLUSE DE HAUTE CHUTE DE OISY-LE-VERGER (1/25)

RÉSULTAT: CHOIX DU RADIER OPTIMAL

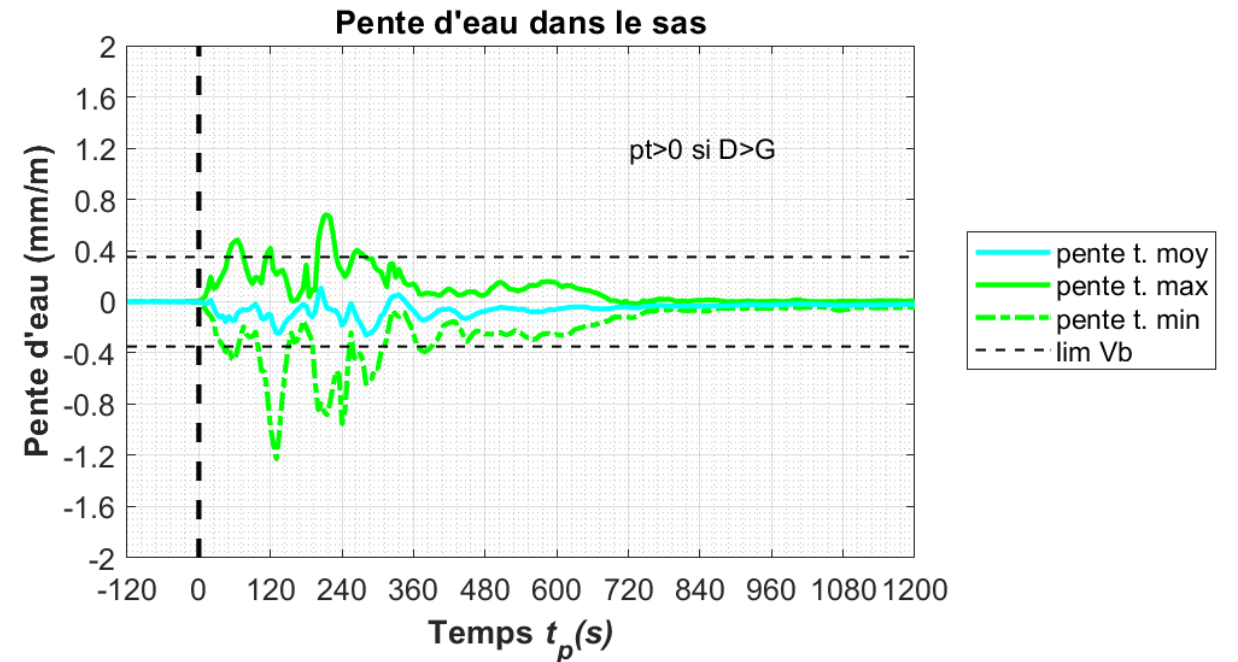
Géométrie 2a: orifices **verticaux**
Répartition longitudinale homogène

Oisy02-45-Convoi0-Radier2a-LoiAVPv3-ModeN_R-20220708



Géométrie 1b: orifices centraux **inclinés**
Répartition longitudinale homogène

Oisy02-91-Convoi0-Radier1b-LoiAVPv3-ModeN_R-20220804



Mesure des pentes d'eau transversales en remplissage du sas:

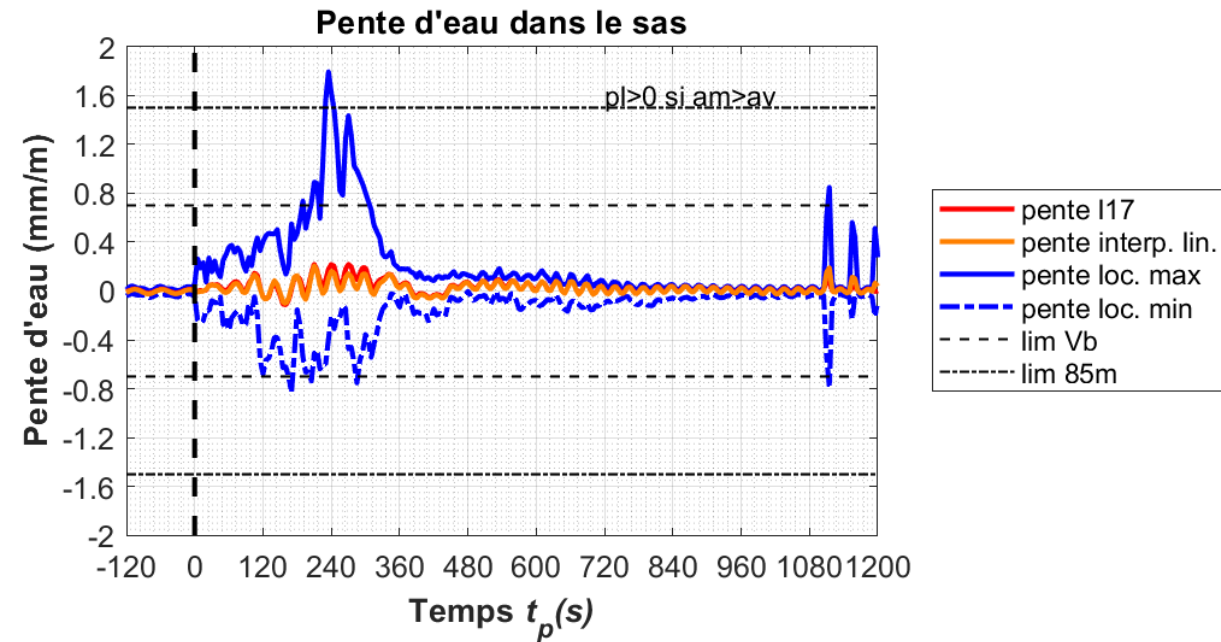
- Meilleure répartition transversale de l'écoulement dès les premiers instants
- Pentes plus faibles avec des orifices inclinés

MODÉLISATION PHYSIQUE DE L'ÉCLUSE DE HAUTE CHUTE DE OISY-LE-VERGER (1/25)

RÉSULTAT: CHOIX DU RADIER OPTIMAL

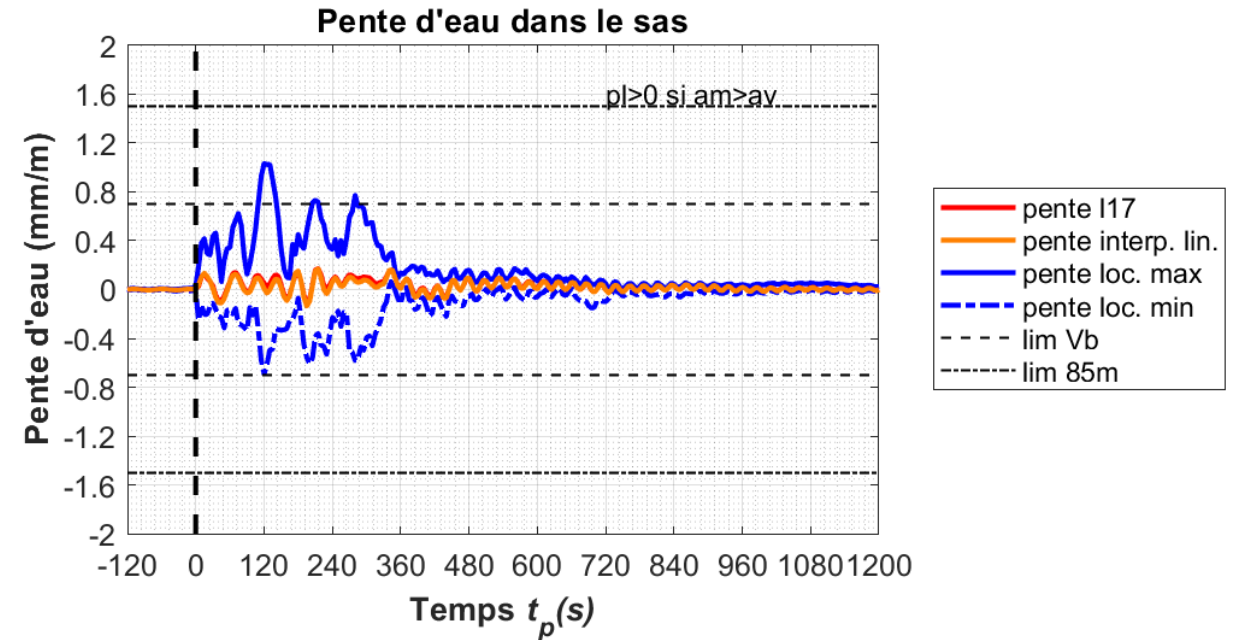
Géométrie 2a: orifices **verticaux**
Répartition longitudinale homogène

Oisy02-45-Convoi0-Radier2a-LoiAVPv3-ModeN_R-20220708



Géométrie 1b: orifices centraux **inclinés**
Répartition longitudinale homogène

Oisy02-21-Convoi0-Radier1b-LoiAVPv3-ModeN_R-20220629



Mesure des pentes d'eau longitudinales en remplissage du sas:

- Meilleure répartition longitudinale de l'écoulement
- Pentes locales plus faibles avec des orifices inclinés

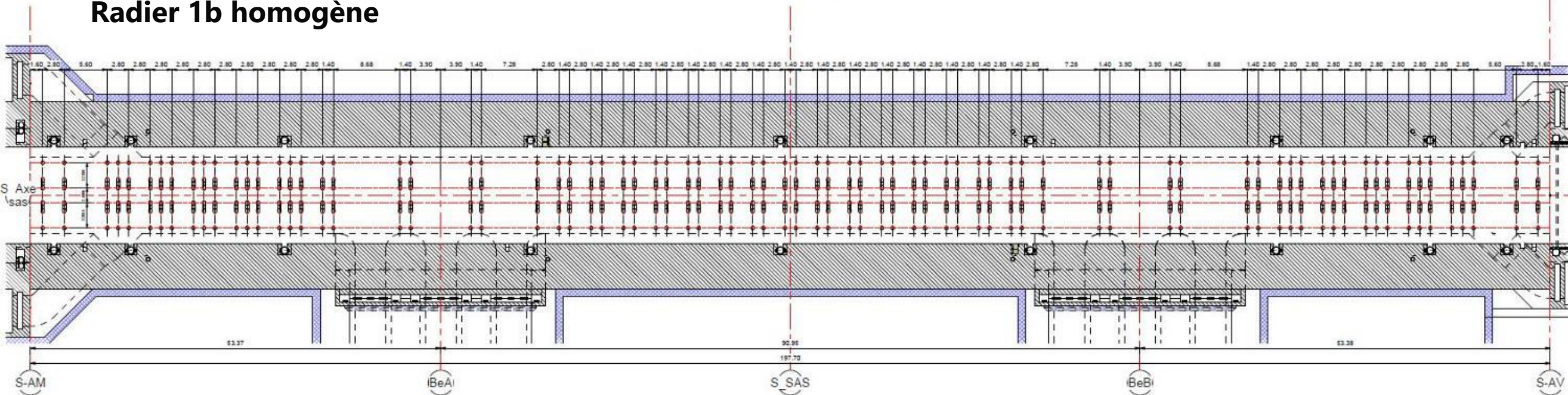
MODÉLISATION PHYSIQUE DE L'ÉCLUSE DE HAUTE CHUTE DE OISY-LE-VERGER (1/25)

RÉSULTAT: CHOIX DU RADIER OPTIMAL

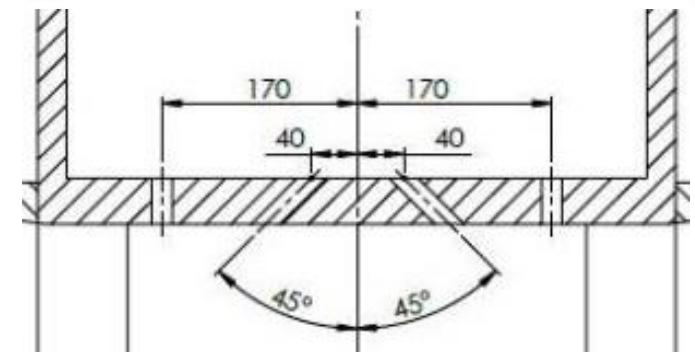
- NIVEAU +29.89 CALEPINAGE DES PERFORATIONS -

Ech : 1 : 250

Radier 1b homogène



avec perforations centrales obliques



MODÉLISATION PHYSIQUE DE L'ÉCLUSE DE HAUTE CHUTE DE OISY-LE-VERGER (1/25) RÉSULTAT: LOIS DE MANŒUVRE DES VANNES OPTIMISÉES

Comparaison des pentes d'eau et efforts hydrodynamiques totaux
Pour deux directions du convoi CEMT Vb

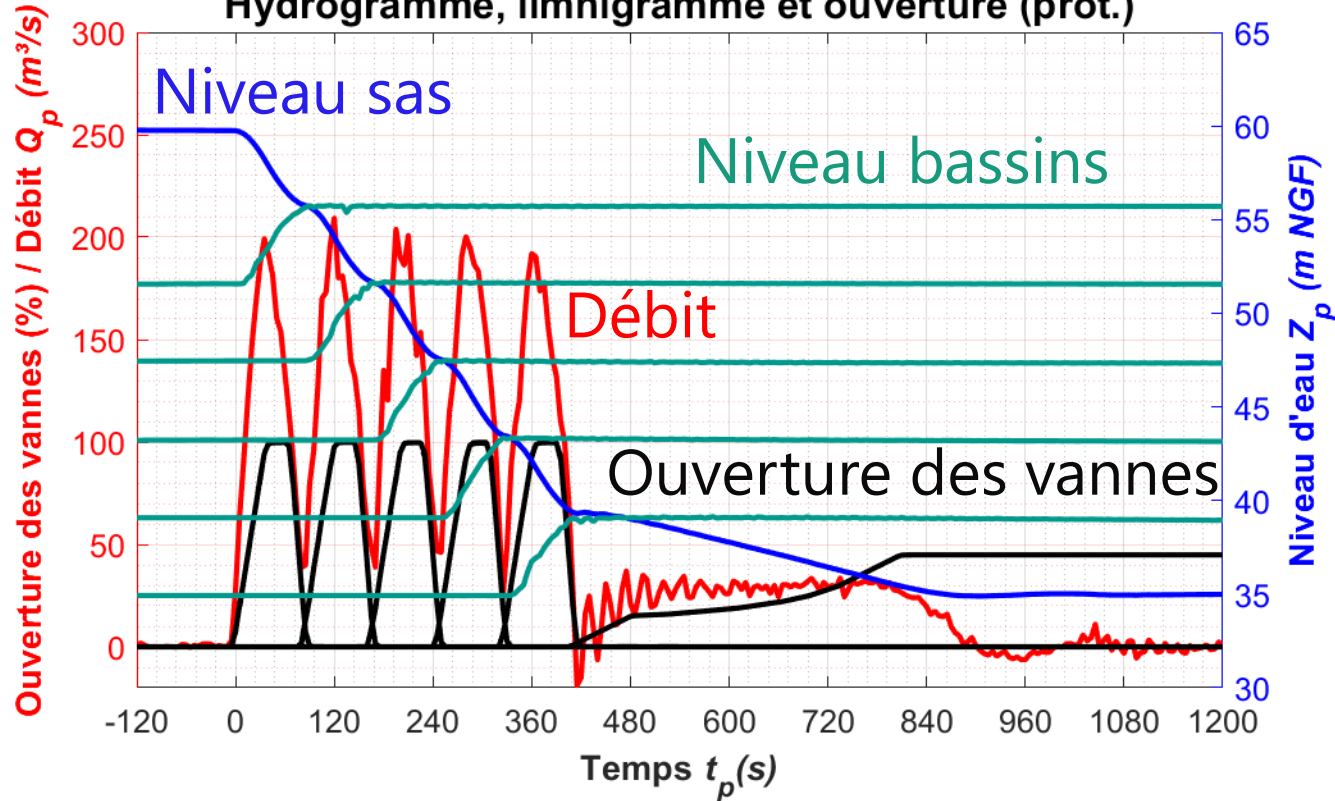


MODÉLISATION PHYSIQUE DE L'ÉCLUSE DE HAUTE CHUTE DE OISY-LE-VERGER (1/25)

RÉSULTAT: VIDANGE NORMALE OPTIMISÉE

Oisy05-49-ConvoiVb-Radier1b-Loiv4-ModeN_V-20220928

Hydrogramme, limnigramme et ouverture (prot.)



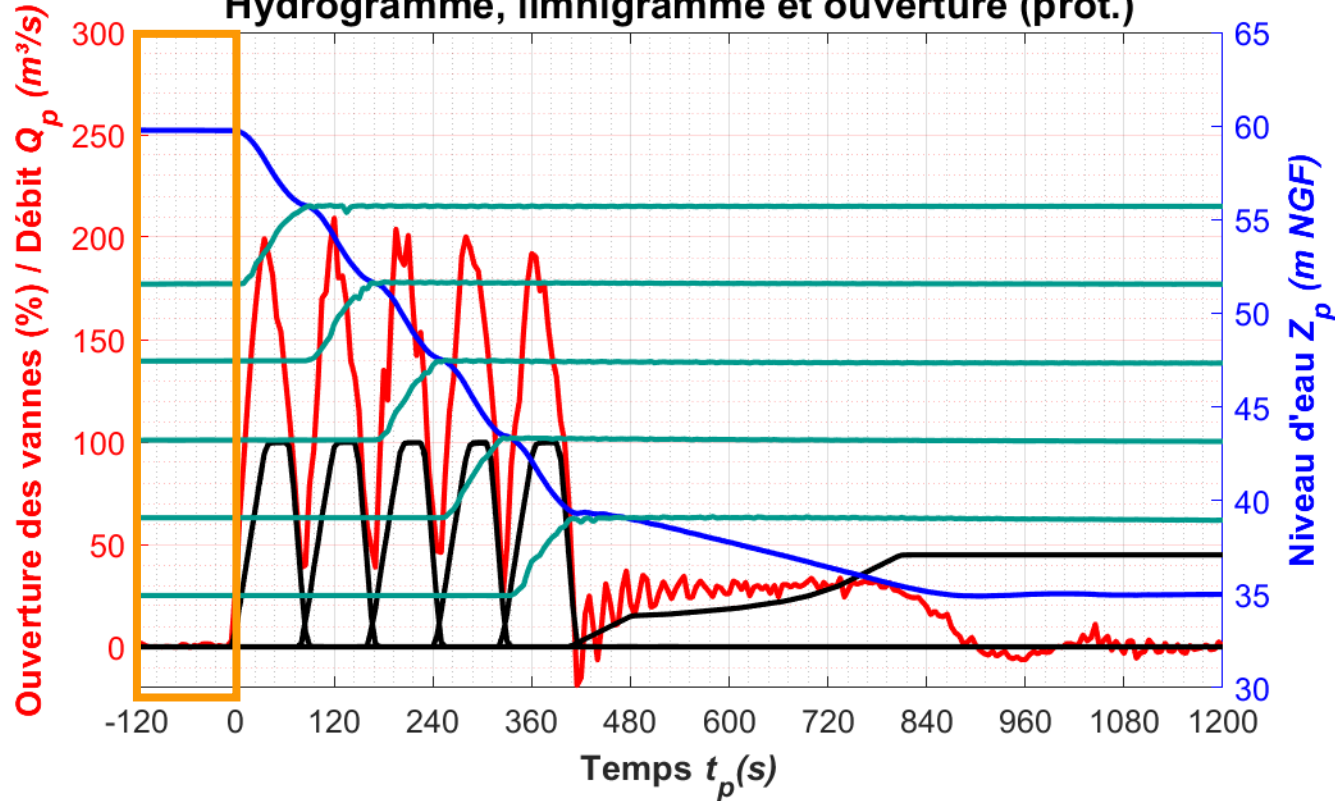
0. Sas rempli – bassins vides
1. Remplissage BEP 4 (le + haut)
 - a) Ouverture vannes
 - b) Fermeture vannes
2. Remplissage BEP 3
3. Remplissage BEP 2
4. Remplissage BEP 1 (le + bas)
5. Remplissage Bassin tampon
6. Fin de vidange du sas via la tête aval

MODÉLISATION PHYSIQUE DE L'ÉCLUSE DE HAUTE CHUTE DE OISY-LE-VERGER (1/25)

RÉSULTAT: VIDANGE NORMALE OPTIMISÉE

Oisy05-49-ConvoiVb-Radier1b-Loiv4-ModeN_V-20220928

Hydrogramme, limnigramme et ouverture (prot.)



0. Sas rempli – bassins vides

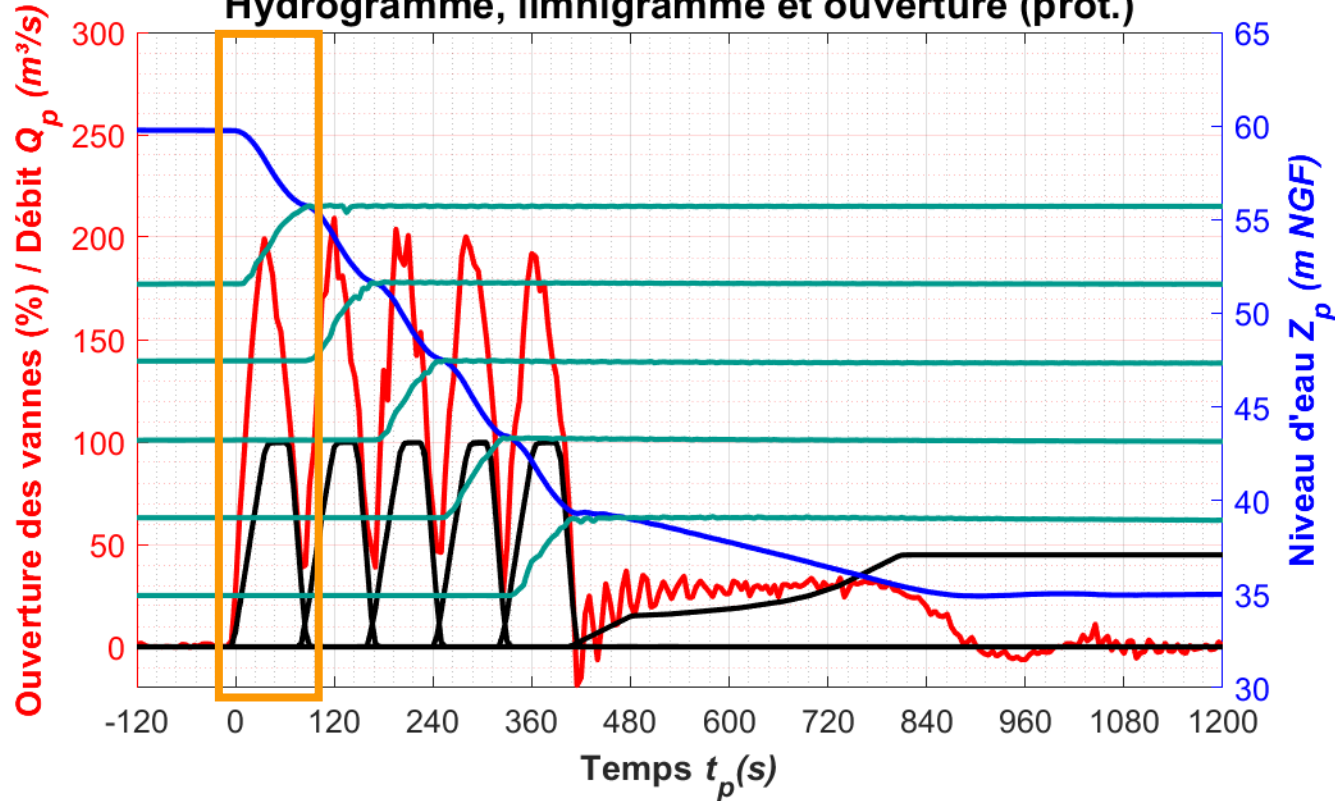
1. Remplissage BEP 4 (le + haut)
 - a) Ouverture vannes
 - b) Fermeture vannes
2. Remplissage BEP 3
3. Remplissage BEP 2
4. Remplissage BEP 1 (le + bas)
5. Remplissage Bassin tampon
6. Fin de vidange du sas via la tête aval

MODÉLISATION PHYSIQUE DE L'ÉCLUSE DE HAUTE CHUTE DE OISY-LE-VERGER (1/25)

RÉSULTAT: VIDANGE NORMALE OPTIMISÉE

Oisy05-49-ConvoiVb-Radier1b-Loiv4-ModeN_V-20220928

Hydrogramme, limnigramme et ouverture (prot.)



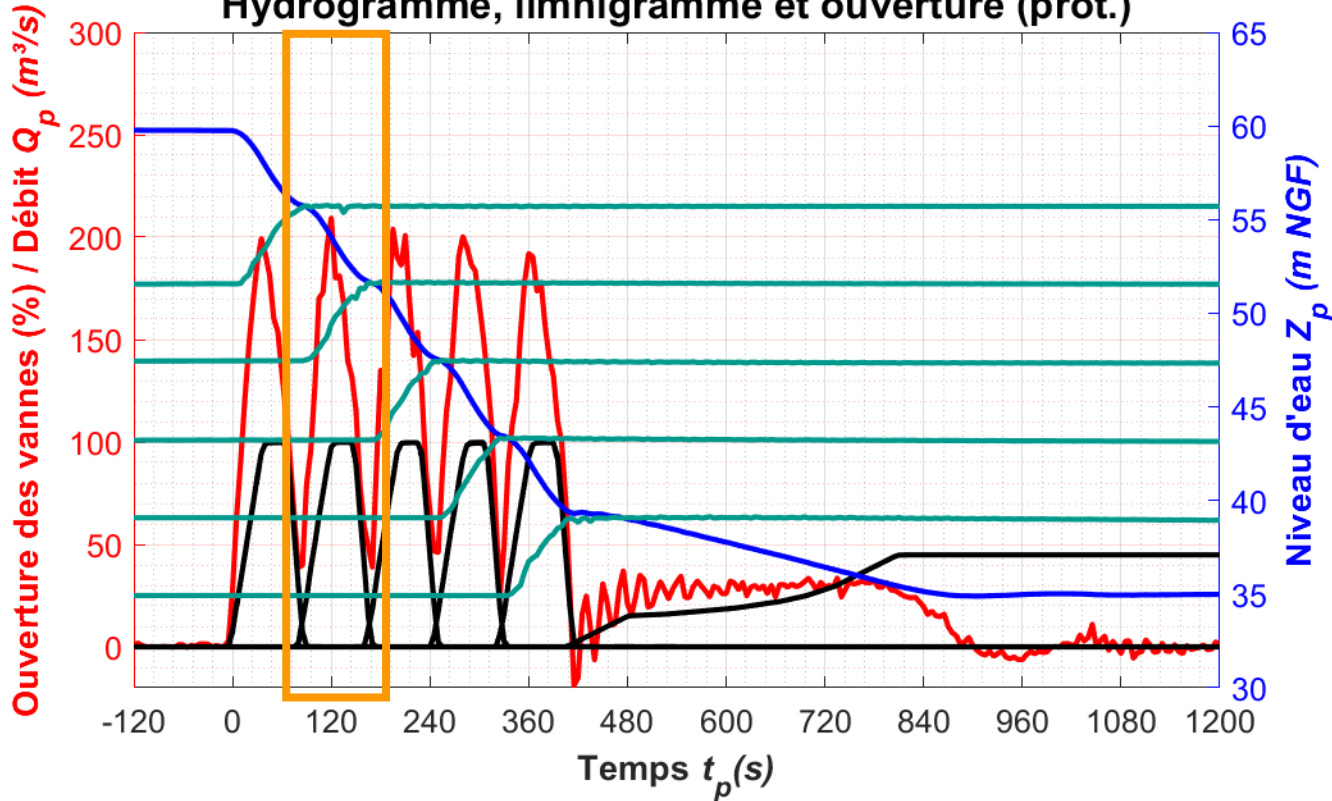
0. Sas rempli – bassins vides
1. Remplissage BEP 4 (le + haut)
 - a) Ouverture vannes
 - b) Fermeture vannes
2. Remplissage BEP 3
3. Remplissage BEP 2
4. Remplissage BEP 1 (le + bas)
5. Remplissage Bassin tampon
6. Fin de vidange du sas via la tête aval

MODÉLISATION PHYSIQUE DE L'ÉCLUSE DE HAUTE CHUTE DE OISY-LE-VERGER (1/25)

RÉSULTAT: VIDANGE NORMALE OPTIMISÉE

Oisy05-49-ConvoiVb-Radier1b-Loiv4-ModeN_V-20220928

Hydrogramme, limnigramme et ouverture (prot.)



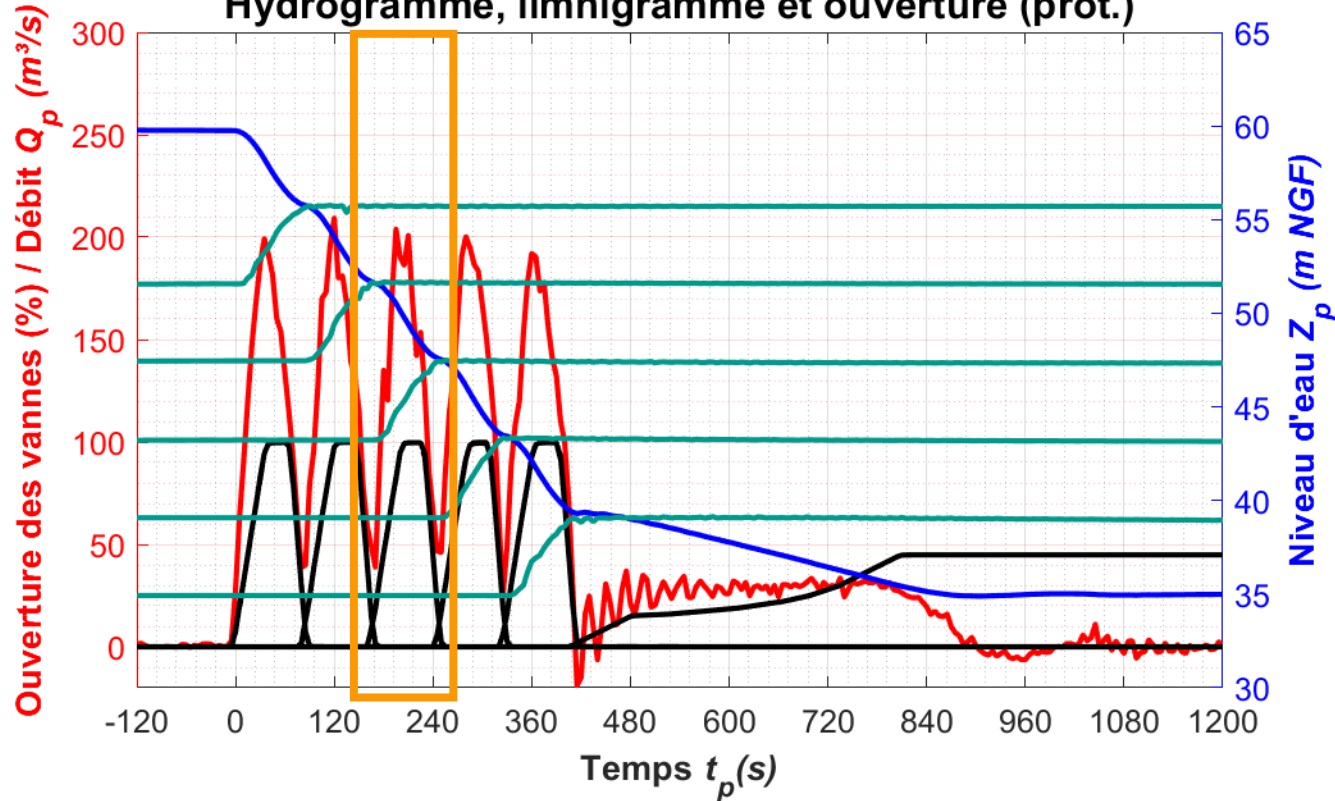
0. Sas rempli – bassins vides
1. Remplissage BEP 4 (le + haut)
 - a) Ouverture vannes
 - b) Fermeture vannes
2. Remplissage BEP 3
3. Remplissage BEP 2
4. Remplissage BEP 1 (le + bas)
5. Remplissage Bassin tampon
6. Fin de vidange du sas via la tête aval

MODÉLISATION PHYSIQUE DE L'ÉCLUSE DE HAUTE CHUTE DE OISY-LE-VERGER (1/25)

RÉSULTAT: VIDANGE NORMALE OPTIMISÉE

Oisy05-49-ConvoiVb-Radier1b-Loiv4-ModeN_V-20220928

Hydrogramme, limnigramme et ouverture (prot.)



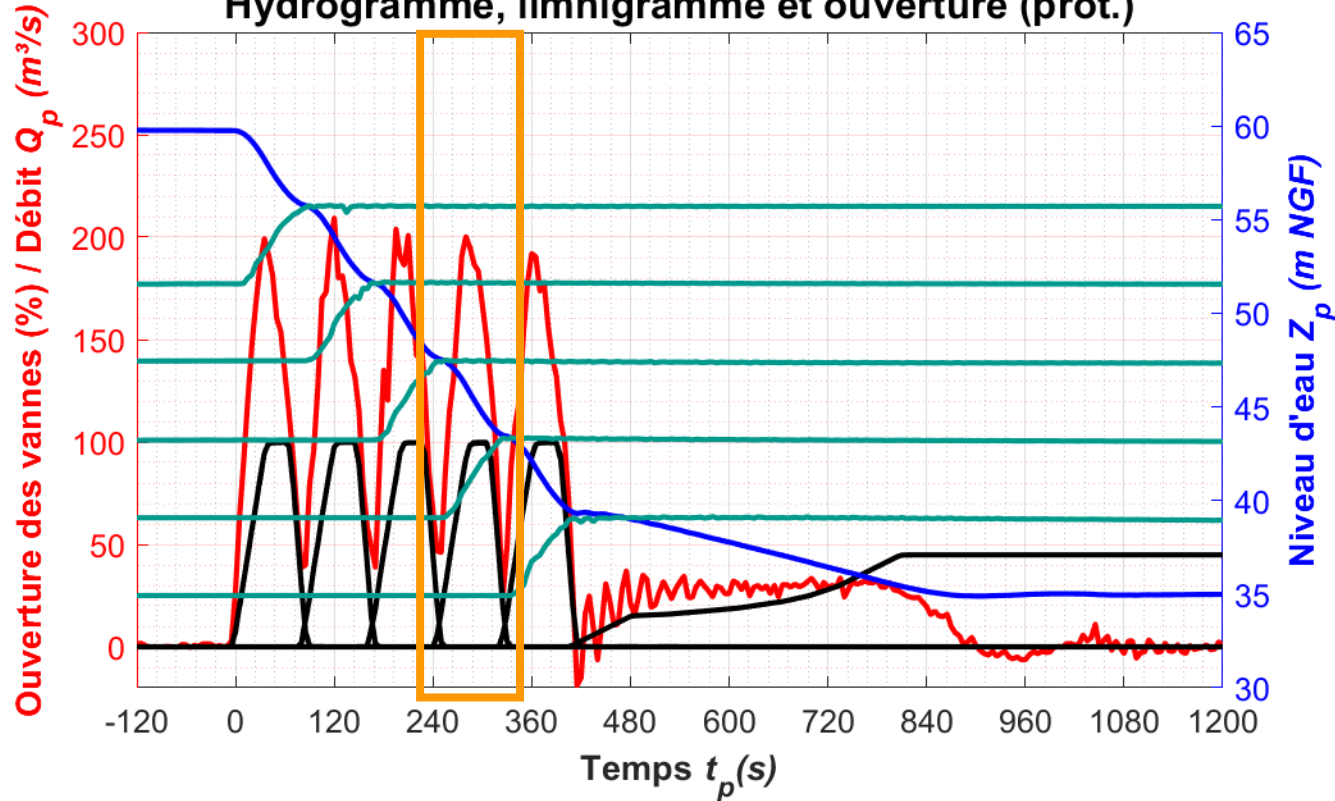
0. Sas rempli – bassins vides
1. Remplissage BEP 4 (le + haut)
 - a) Ouverture vannes
 - b) Fermeture vannes
2. Remplissage BEP 3
3. Remplissage BEP 2
4. Remplissage BEP 1 (le + bas)
5. Remplissage Bassin tampon
6. Fin de vidange du sas via la tête aval

MODÉLISATION PHYSIQUE DE L'ÉCLUSE DE HAUTE CHUTE DE OISY-LE-VERGER (1/25)

RÉSULTAT: VIDANGE NORMALE OPTIMISÉE

Oisy05-49-ConvoiVb-Radier1b-Loiv4-ModeN_V-20220928

Hydrogramme, limnigramme et ouverture (prot.)



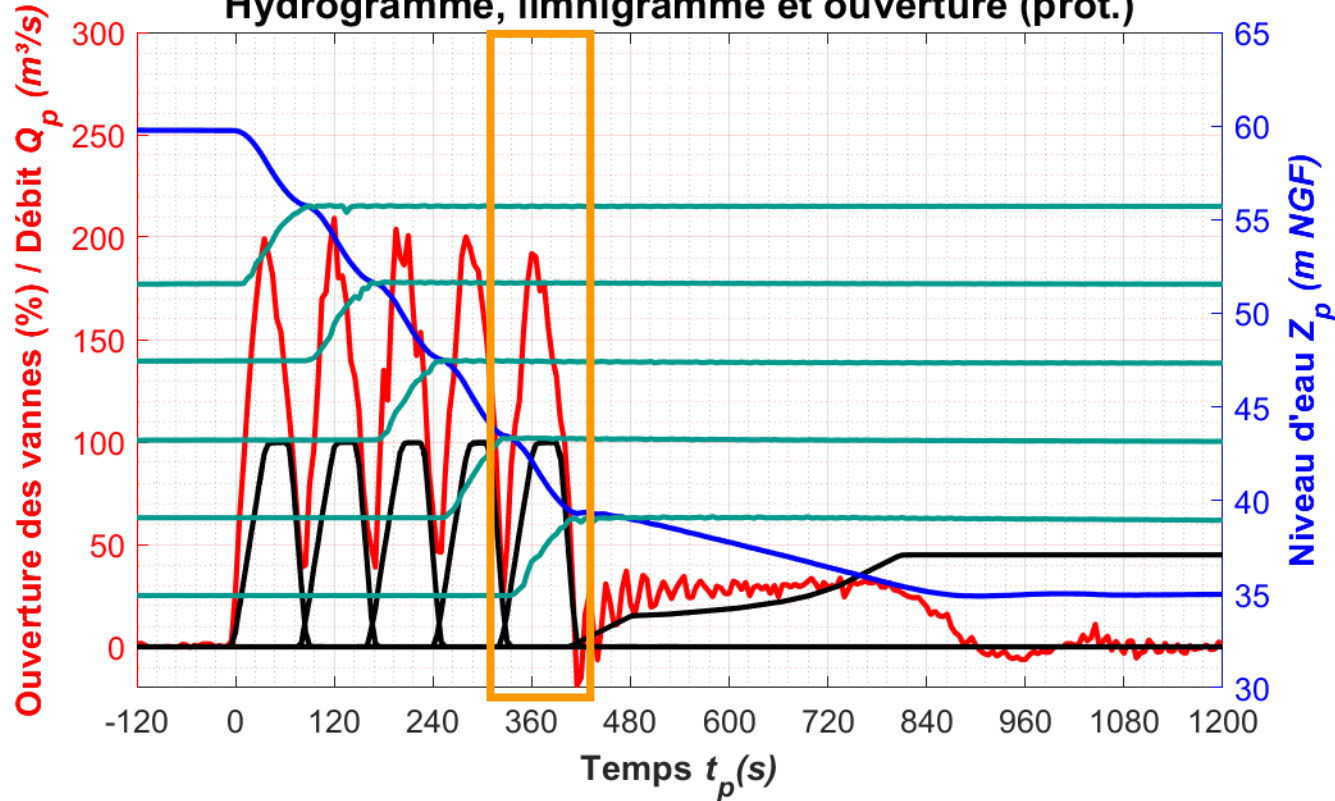
0. Sas rempli – bassins vides
1. Remplissage BEP 4 (le + haut)
 - a) Ouverture vannes
 - b) Fermeture vannes
2. Remplissage BEP 3
3. Remplissage BEP 2
4. Remplissage BEP 1 (le + bas)
5. Remplissage Bassin tampon
6. Fin de vidange du sas via la tête aval

MODÉLISATION PHYSIQUE DE L'ÉCLUSE DE HAUTE CHUTE DE OISY-LE-VERGER (1/25)

RÉSULTAT: VIDANGE NORMALE OPTIMISÉE

Oisy05-49-ConvoiVb-Radier1b-Loiv4-ModeN_V-20220928

Hydrogramme, limnigramme et ouverture (prot.)



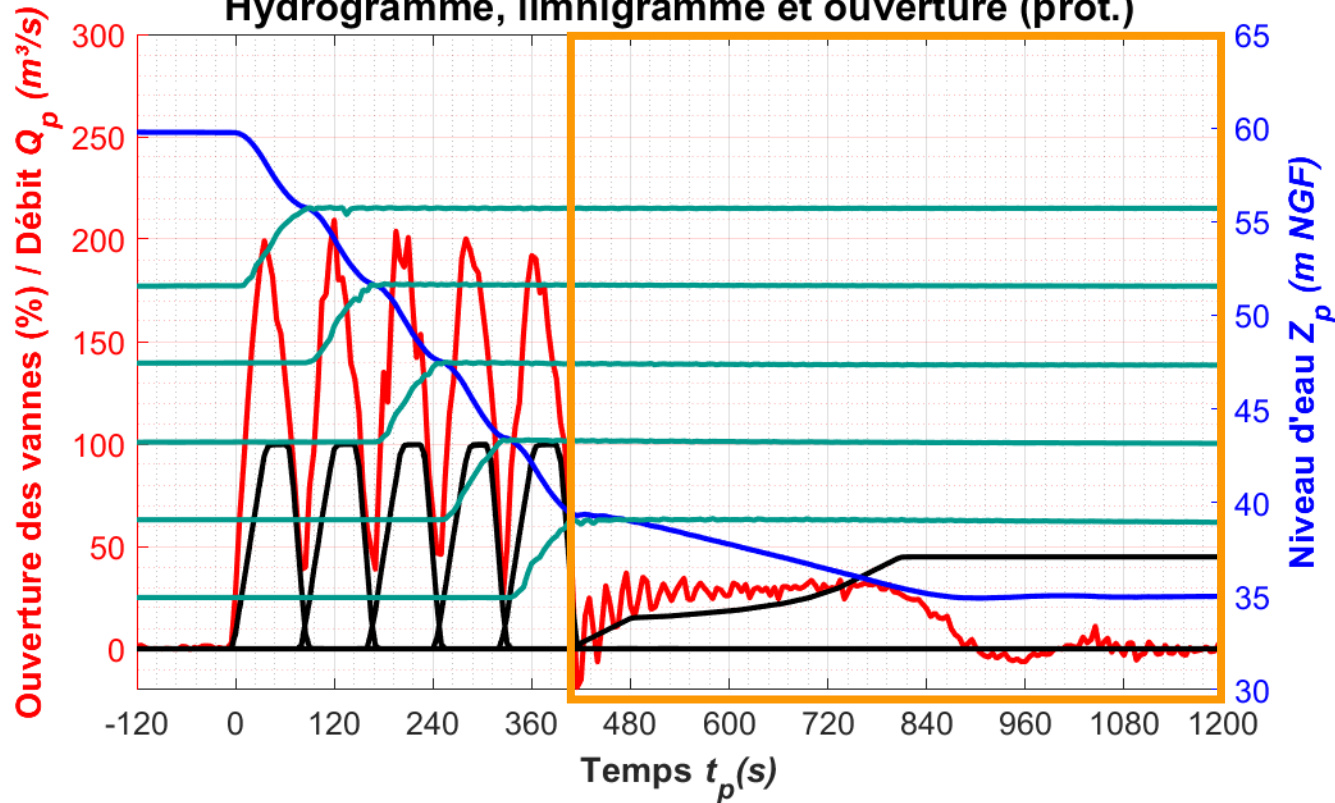
0. Sas rempli – bassins vides
1. Remplissage BEP 4 (le + haut)
 - a) Ouverture vannes
 - b) Fermeture vannes
2. Remplissage BEP 3
3. Remplissage BEP 2
4. Remplissage BEP 1 (le + bas)
5. Remplissage Bassin tampon
6. Fin de vidange du sas via la tête aval

MODÉLISATION PHYSIQUE DE L'ÉCLUSE DE HAUTE CHUTE DE OISY-LE-VERGER (1/25)

RÉSULTAT: VIDANGE NORMALE OPTIMISÉE

Oisy05-49-ConvoiVb-Radier1b-Loiv4-ModeN_V-20220928

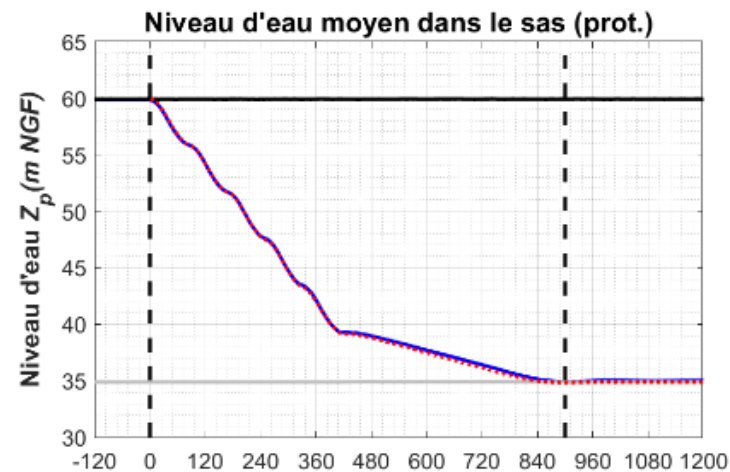
Hydrogramme, limnigramme et ouverture (prot.)



0. Sas rempli – bassins vides
1. Remplissage BEP 4 (le + haut)
 - a) Ouverture vannes
 - b) Fermeture vannes
2. Remplissage BEP 3
3. Remplissage BEP 2
4. Remplissage BEP 1 (le + bas)
5. Remplissage Bassin tampon
6. Fin de vidange du sas via la tête aval

VIDANGE NORMALE OPTIMISÉE

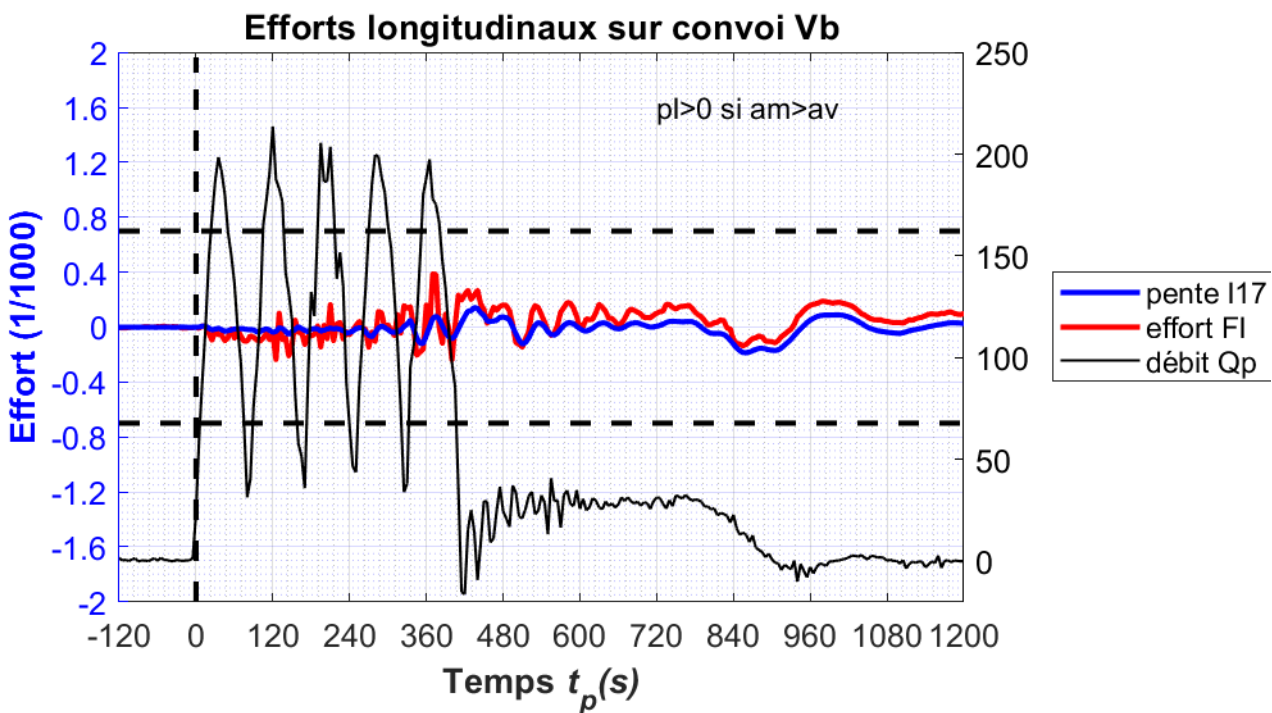
Oisy07-05-ConvoiVb-Dir2-Radier1b-Loiv4-ModeN_v-20221010



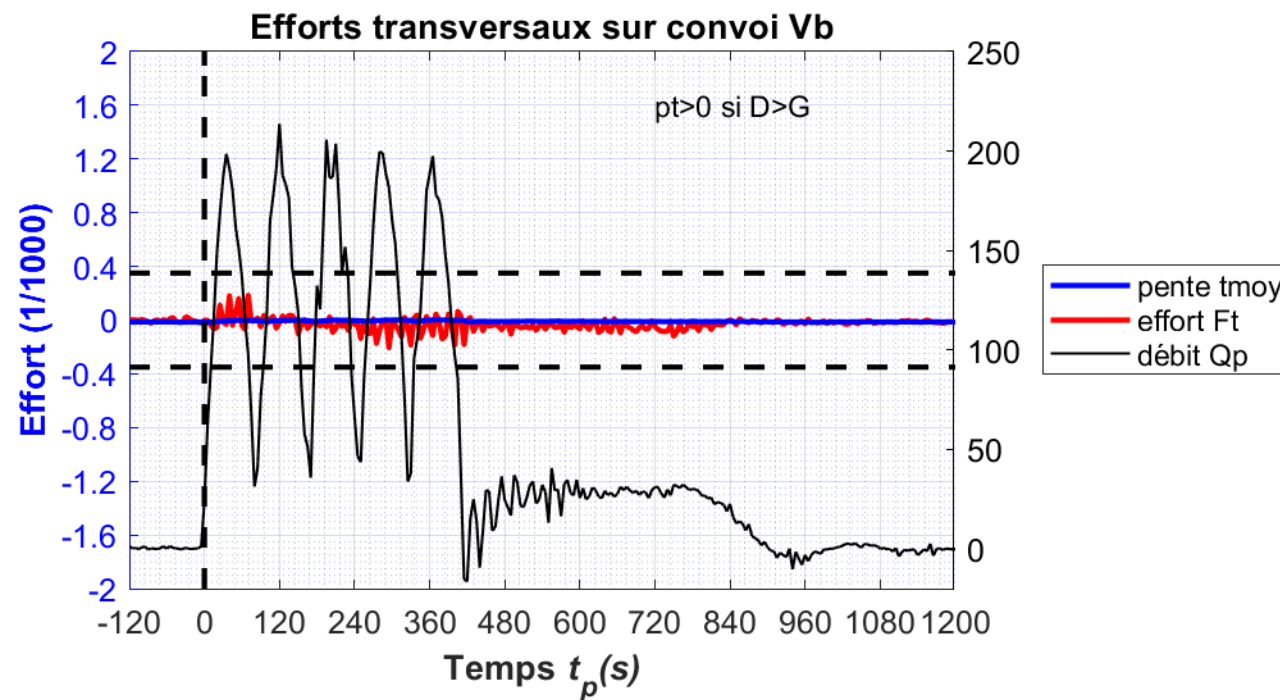
Vidange du sas v4
Convoi avalant

- ✓ Critère d'effort longitudinal respecté
- ✓ Critère d'effort transversal respecté

Oisy07-05-ConvoiVb-Dir2-Radier1b-Loiv4-ModeN_v-20221010



Oisy07-05-ConvoiVb-Dir2-Radier1b-Loiv4-ModeN_v-20221010

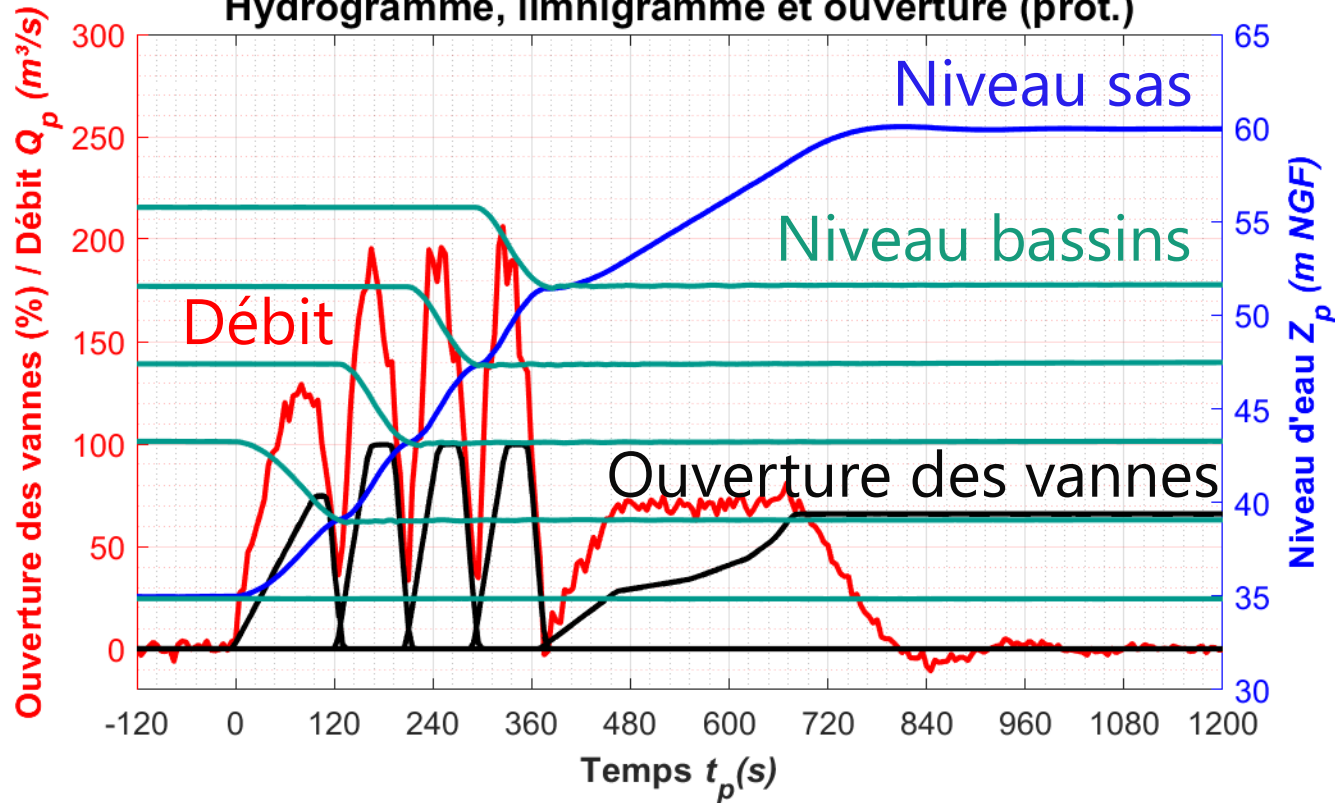


MODÉLISATION PHYSIQUE DE L'ÉCLUSE DE HAUTE CHUTE DE OISY-LE-VERGER (1/25)

RÉSULTAT: REMPLISSAGE NORMAL OPTIMISÉ

Oisy05-46-ConvoiVb-Radier1b-Loiv7-ModeN_R-20220928

Hydrogramme, limnigramme et ouverture (prot.)



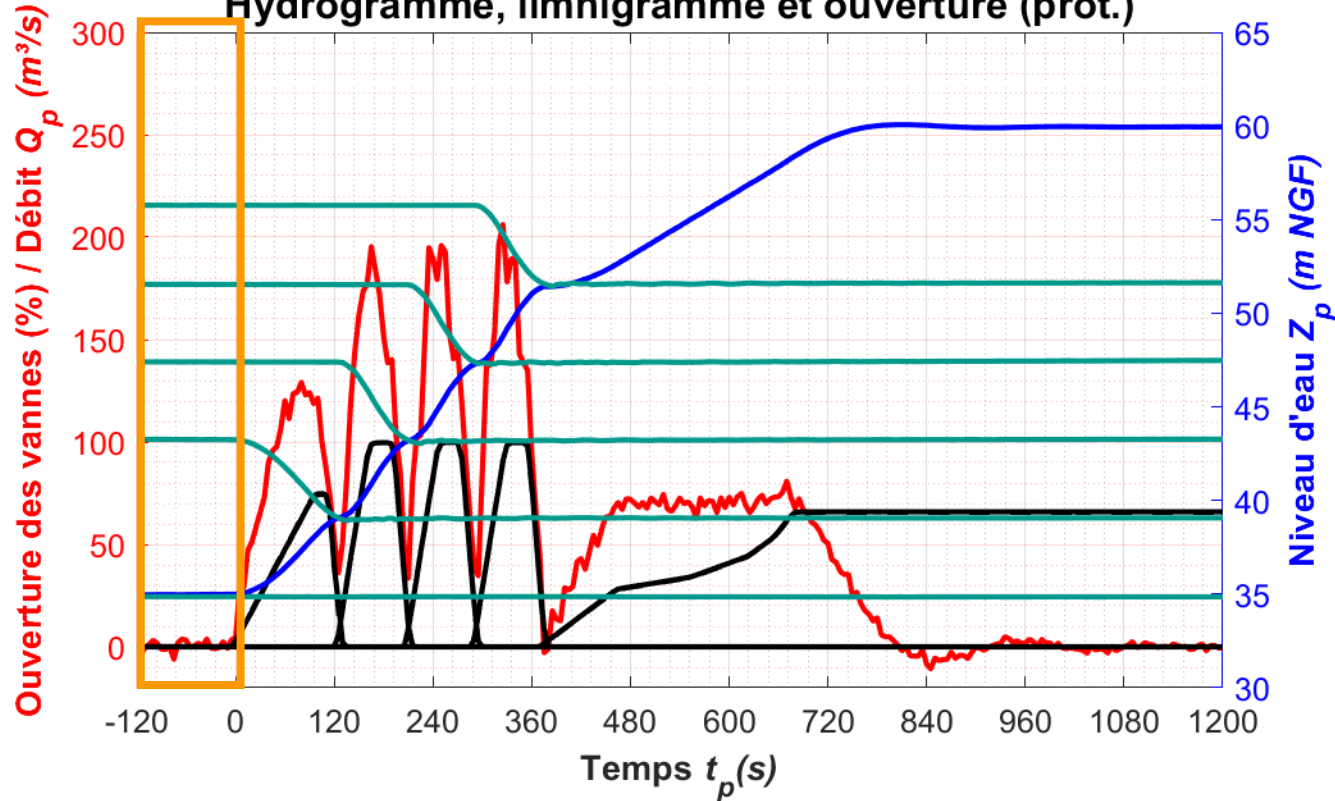
0. Sas vide – bassins remplis
1. Vidange BEP 1 (le + bas)
 - a) Ouverture vannes
 - b) Fermeture vannes
2. Vidange BEP 2
3. Vidange BEP 3
4. Vidange BEP 4 (le + haut)
5. Fin du remplissage du sas via la tête amont

MODÉLISATION PHYSIQUE DE L'ÉCLUSE DE HAUTE CHUTE DE OISY-LE-VERGER (1/25)

RÉSULTAT: REMPLISSAGE NORMAL OPTIMISÉ

Oisy05-46-ConvoiVb-Radier1b-Loiv7-ModeN_R-20220928

Hydrogramme, limnigramme et ouverture (prot.)



0. Sas vide – bassins remplis

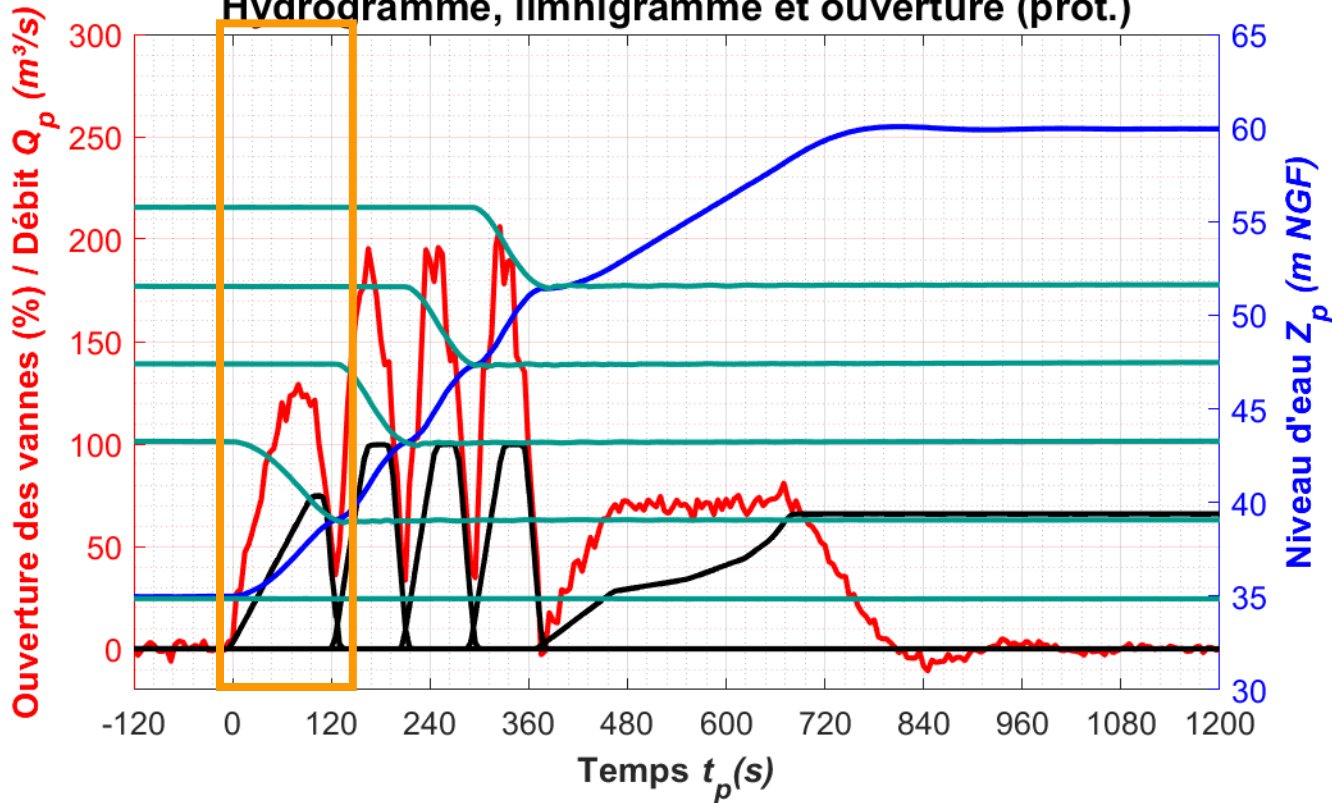
1. Vidange BEP 1 (le + bas)
 - a) Ouverture vannes
 - b) Fermeture vannes
2. Vidange BEP 2
3. Vidange BEP 3
4. Vidange BEP 4 (le + haut)
5. Fin du remplissage du sas via la tête amont

MODÉLISATION PHYSIQUE DE L'ÉCLUSE DE HAUTE CHUTE DE OISY-LE-VERGER (1/25)

RÉSULTAT: REMPLISSAGE NORMAL OPTIMISÉ

Oisy05-46-ConvoiVb-Radier1b-Loiv7-ModeN_R-20220928

Hydrogramme, limnigramme et ouverture (prot.)



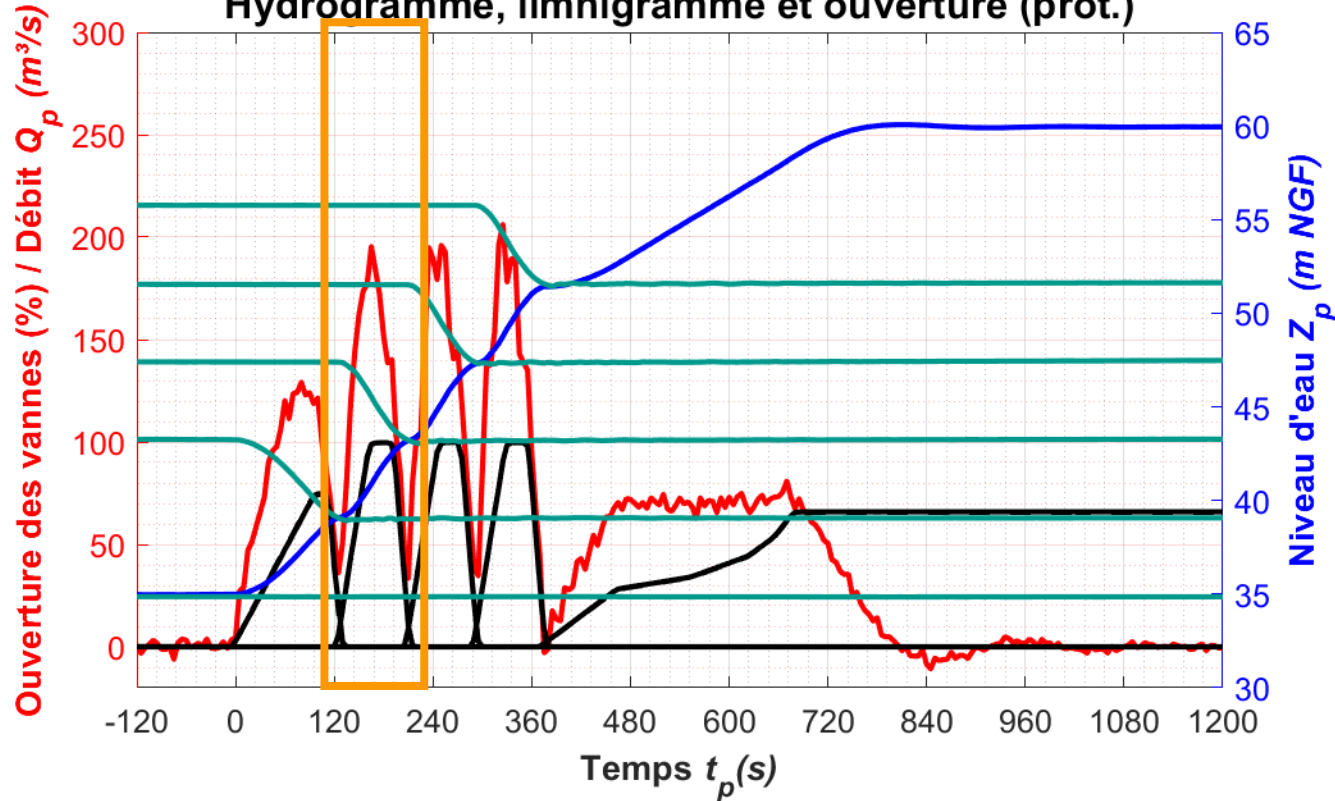
0. Sas vide – bassins remplis
1. Vidange BEP 1 (le + bas)
 - a) Ouverture vannes
 - b) Fermeture vannes
2. Vidange BEP 2
3. Vidange BEP 3
4. Vidange BEP 4 (le + haut)
5. Fin du remplissage du sas via la tête amont

MODÉLISATION PHYSIQUE DE L'ÉCLUSE DE HAUTE CHUTE DE OISY-LE-VERGER (1/25)

RÉSULTAT: REMPLISSAGE NORMAL OPTIMISÉ

Oisy05-46-ConvoiVb-Radier1b-Loiv7-ModeN_R-20220928

Hydrogramme, limnigramme et ouverture (prot.)



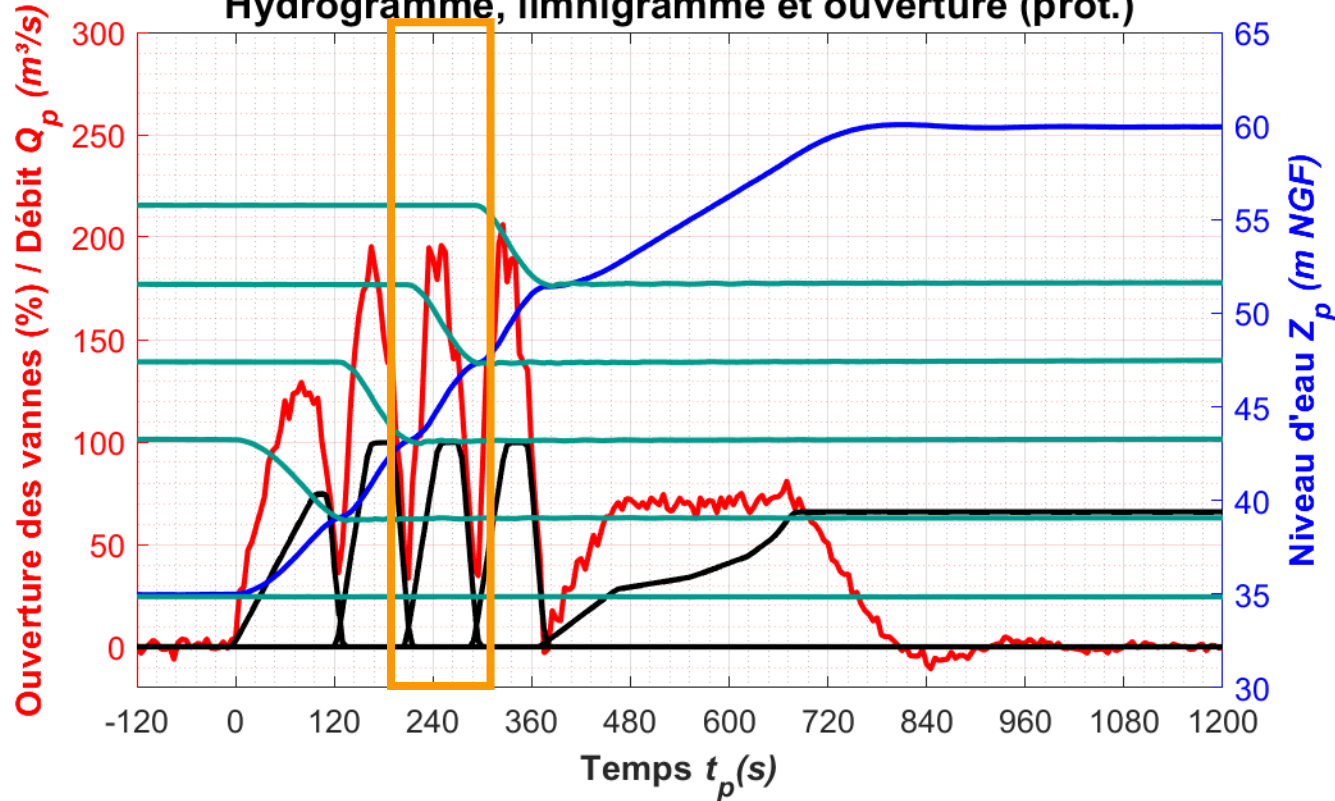
0. Sas vide – bassins remplis
1. Vidange BEP 1 (le + bas)
 - a) Ouverture vannes
 - b) Fermeture vannes
2. Vidange BEP 2
3. Vidange BEP 3
4. Vidange BEP 4 (le + haut)
5. Fin du remplissage du sas via la tête amont

MODÉLISATION PHYSIQUE DE L'ÉCLUSE DE HAUTE CHUTE DE OISY-LE-VERGER (1/25)

RÉSULTAT: REMPLISSAGE NORMAL OPTIMISÉ

Oisy05-46-ConvoiVb-Radier1b-Loiv7-ModeN_R-20220928

Hydrogramme, limnigramme et ouverture (prot.)



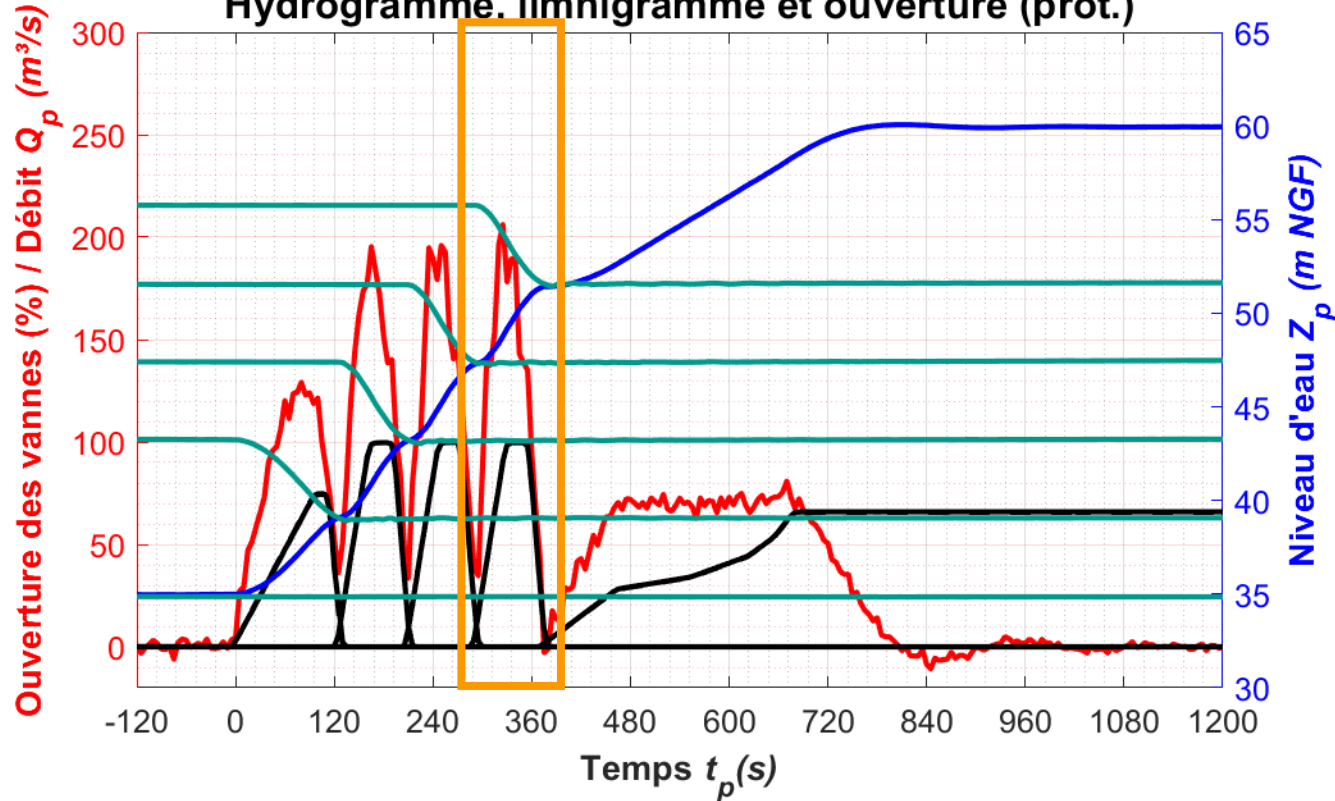
0. Sas vide – bassins remplis
1. Vidange BEP 1 (le + bas)
 - a) Ouverture vannes
 - b) Fermeture vannes
2. Vidange BEP 2
3. Vidange BEP 3
4. Vidange BEP 4 (le + haut)
5. Fin du remplissage du sas via la tête amont

MODÉLISATION PHYSIQUE DE L'ÉCLUSE DE HAUTE CHUTE DE OISY-LE-VERGER (1/25)

RÉSULTAT: REMPLISSAGE NORMAL OPTIMISÉ

Oisy05-46-ConvoiVb-Radier1b-Loiv7-ModeN_R-20220928

Hydrogramme, limnigramme et ouverture (prot.)



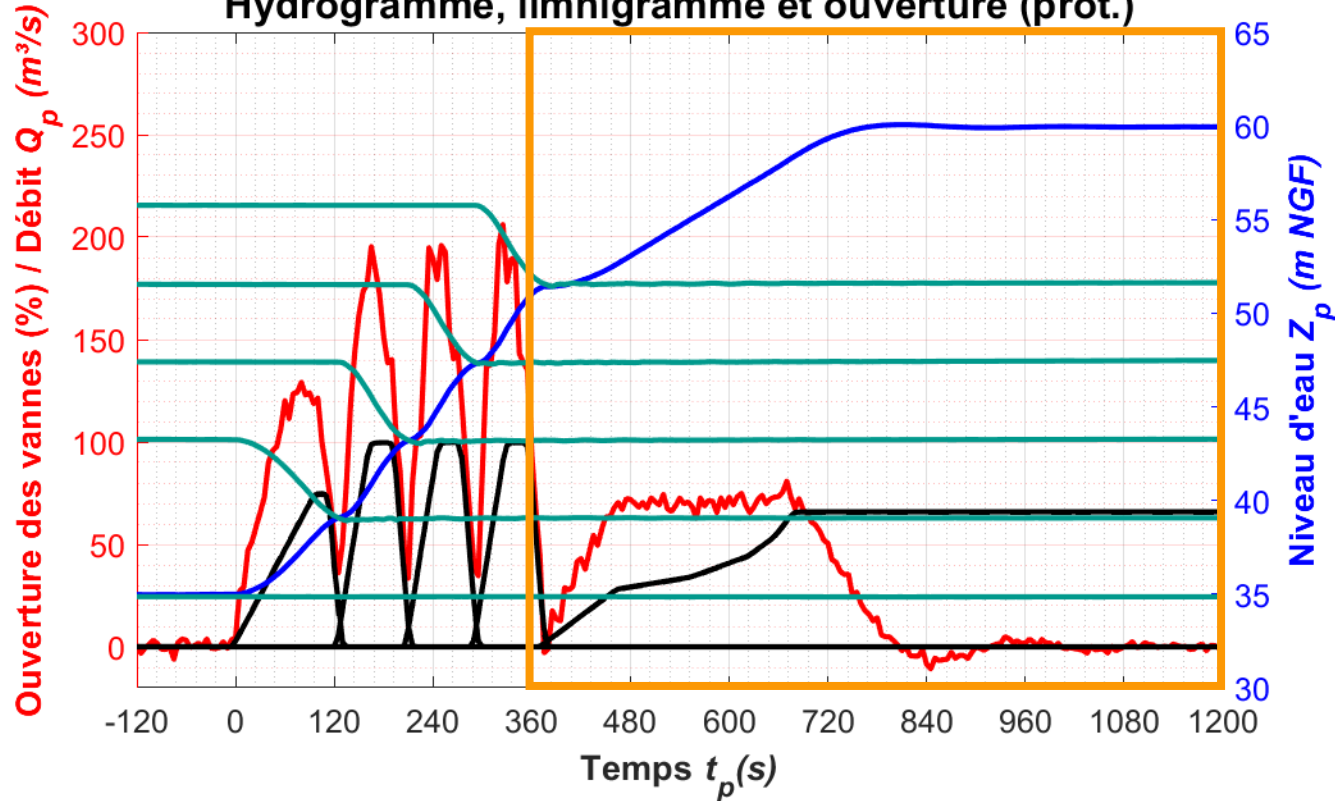
0. Sas vide – bassins remplis
1. Vidange BEP 1 (le + bas)
 - a) Ouverture vannes
 - b) Fermeture vannes
2. Vidange BEP 2
3. Vidange BEP 3
4. Vidange BEP 4 (le + haut)
5. Fin du remplissage du sas via la tête amont

MODÉLISATION PHYSIQUE DE L'ÉCLUSE DE HAUTE CHUTE DE OISY-LE-VERGER (1/25)

RÉSULTAT: REMPLISSAGE NORMAL OPTIMISÉ

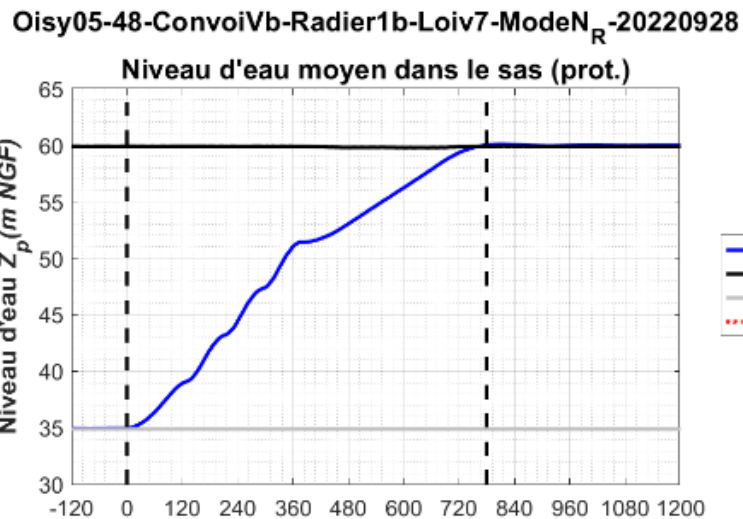
Oisy05-46-ConvoiVb-Radier1b-Loiv7-ModeN_R-20220928

Hydrogramme, limnigramme et ouverture (prot.)



0. Sas vide – bassins remplis
1. Vidange BEP 1 (le + bas)
 - a) Ouverture vannes
 - b) Fermeture vannes
2. Vidange BEP 2
3. Vidange BEP 3
4. Vidange BEP 4 (le + haut)
5. Fin du remplissage du sas via la tête amont

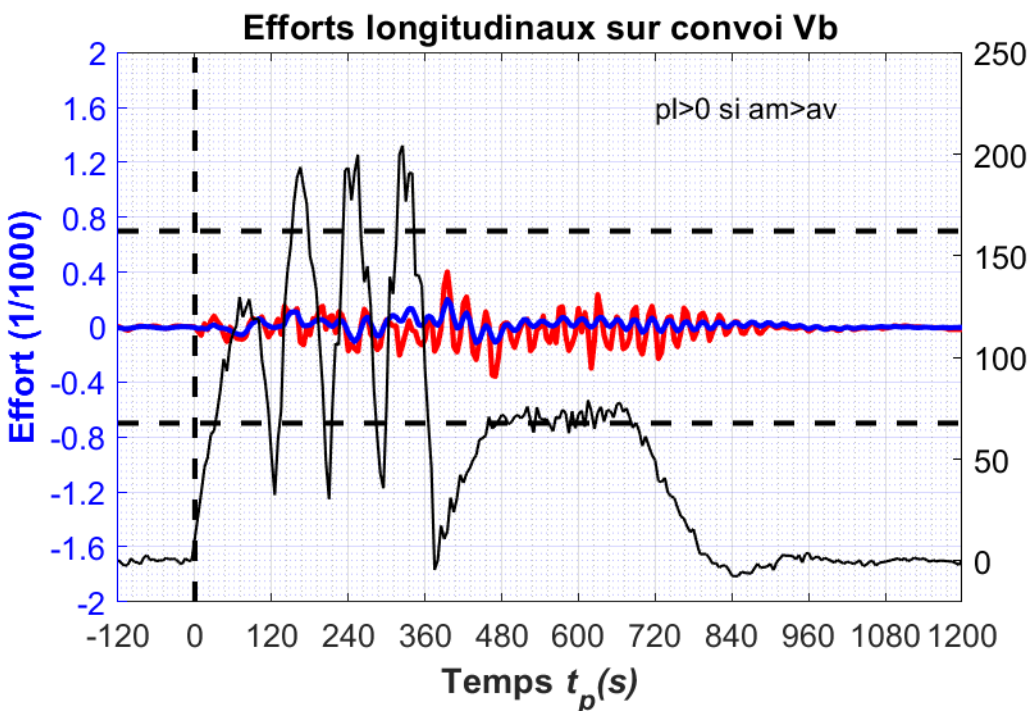
REMPLEISSAGE NORMAL OPTIMISÉ



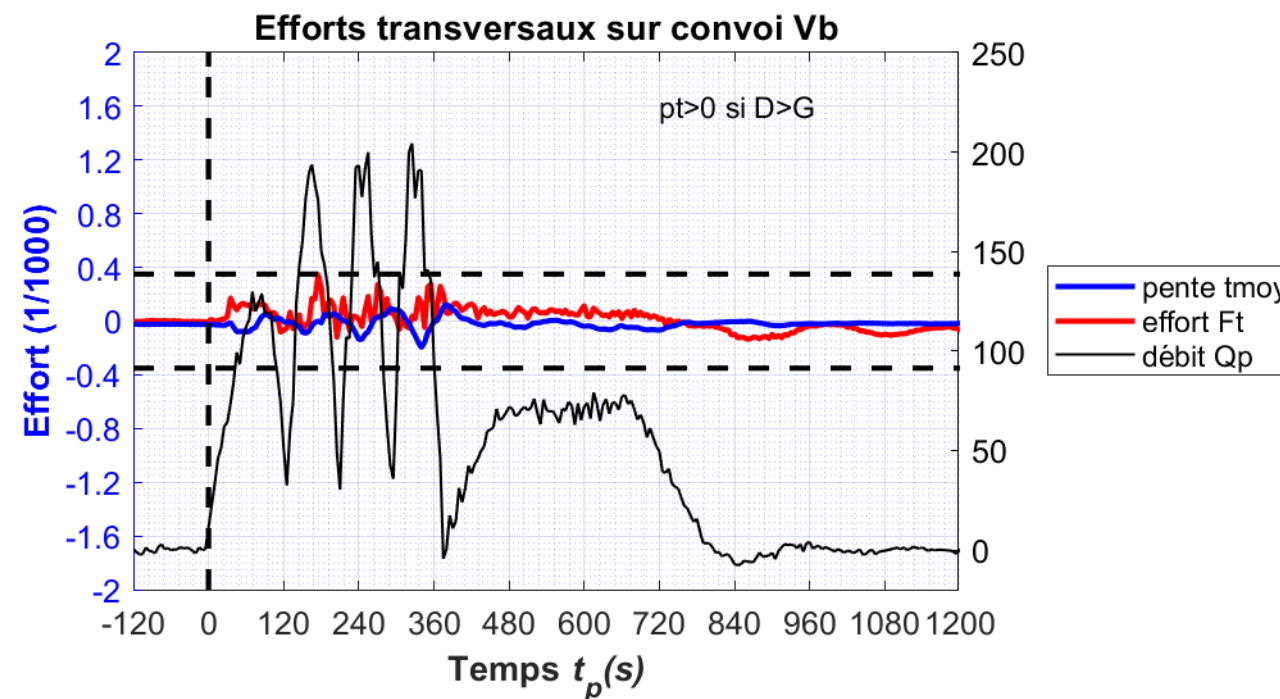
Remplissage du sas v7 Convoi montant

- ✓ Critère d'effort longitudinal respecté
- ✓ Critère d'effort transversal respecté

Oisy05-48-ConvoiVb-Radier1b-Loiv7-ModeN_R-20220928



Oisy05-48-ConvoiVb-Radier1b-Loiv7-ModeN_R-20220928



MODÉLISATION PHYSIQUE DE L'ÉCLUSE DE HAUTE CHUTE DE OISY-LE-VERGER (1/25)

RÉSULTAT: LOIS DE MANŒUVRE DES VANNES OPTIMISÉES

		Loi d'ouverture	Temps de sasement			Efforts longitudinaux						Efforts transversaux					
						Extrémité négative			Extrémité positive			Extrémité négative			Extrémité positive		
			min. s	moy. s	max. s	min. ‰	moy. ‰	max. ‰	min. ‰	moy. ‰	max. ‰	min. ‰	moy. ‰	max. ‰	min. ‰	moy. ‰	max. ‰
Convoi Vb	Vidange mode normal avalant	v4 (3 essais)	/	/	/	-0,24	-0,19	-0,16	0,39	0,44	0,48	-0,21	-0,14	-0,06	0,19	0,28	0,36
	Remplissage mode normal montant	v7 (4 essais)	765	770	775	-0,41	-0,35	-0,27	0,21	0,33	0,41	-0,17	-0,15	-0,14	0,30	0,35	0,44
	Remplissage mode dégradé montant	v9 (3 essais)	1090	1090	1090	-0,45	-0,40	-0,37	0,38	0,40	0,42	-0,17	-0,17	-0,17	0,29	0,35	0,42
Convoi Va	Vidange mode normal avalant	v4 (4 essais)	880	881	885	-0,75	-0,59	-0,38	0,43	0,49	0,58	-0,56	-0,53	-0,49	0,02	0,23	0,47
	Remplissage mode normal montant	v7 (3 essais)	765	770	775	-0,82	-0,72	-0,59	0,49	0,57	0,63	-0,09	-0,06	-0,04	0,57	0,59	0,63
	Remplissage mode dégradé montant	v9 (3 essais)	1090	1090	1090	-0,59	-0,56	-0,51	0,57	0,63	0,72	-0,08	-0,08	-0,07	0,63	0,68	0,78



MODÉLISATION PHYSIQUE DE L'ÉCLUSE DE HAUTE CHUTE DE OISY-LE-VERGER (1/25)

CONCLUSIONS

Nécessité d'un toit au-dessus des prises d'eau amont

Géométrie optimale du radier perforé

- ✓ Radier 1b: perforations centrales obliques et répartition longitudinale homogène
 - ✓ Il permet d'atteindre les critères de performance du programme avec des lois de manœuvre optimisées

Lois optimales de manœuvre des vannes en mode normal

- ✓ Vidange v4
- ✓ Remplissage v7 (plus critique pour Ft)
- ✓ Valables pour les convois CEMT Vb et Va



Merci pour votre attention

ANNEXES

MODÉLISATION PHYSIQUE DE L'ÉCLUSE DE HAUTE CHUTE DE OISY-LE-VERGER (1/13)

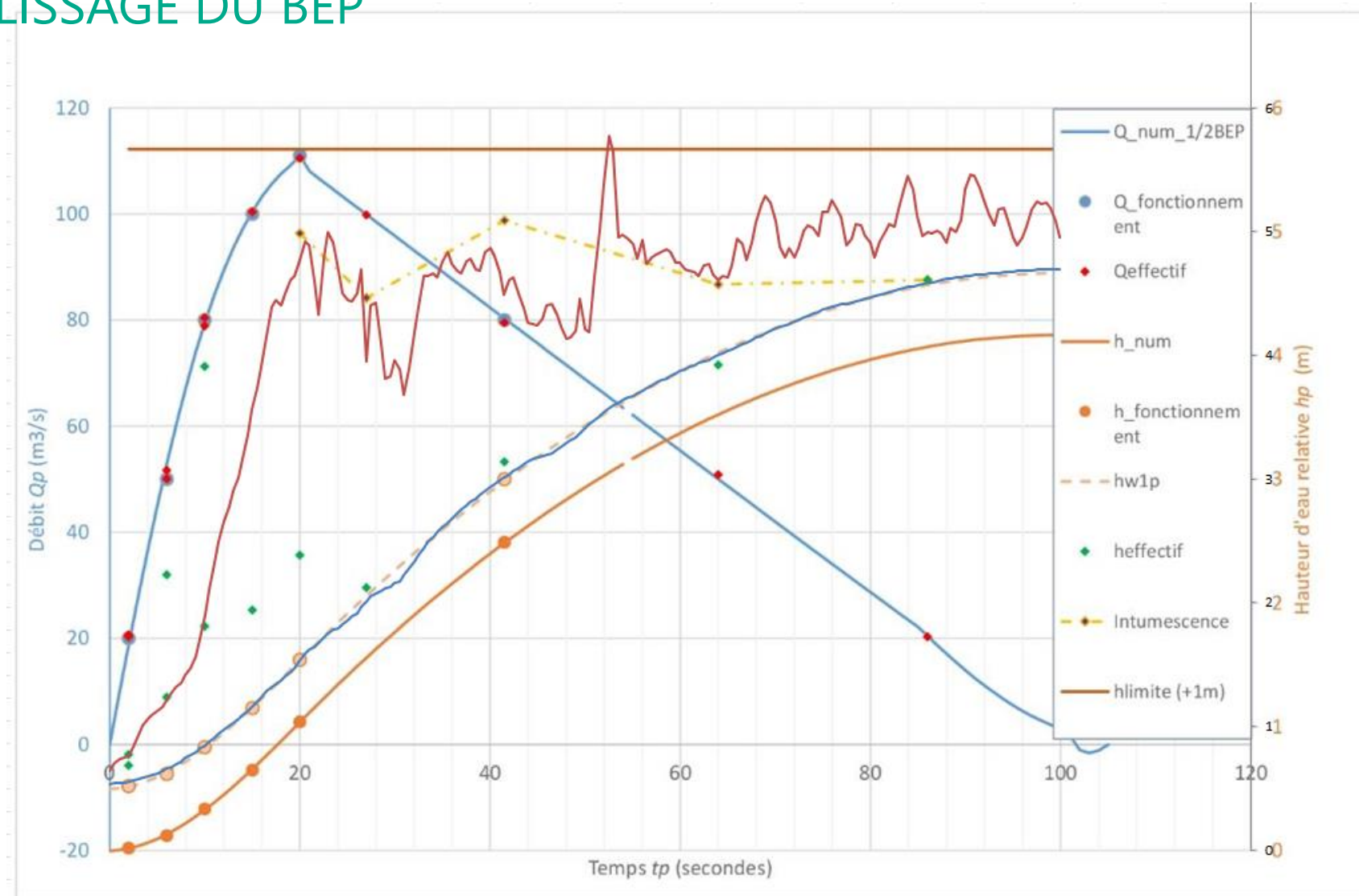
INTUMESCENCES EN REMPLISSAGE DU BEP

En l'absence de toit, les hauteurs d'intumescences sont similaires entre :

- Maxima observés sur le **modèle physique** stationnaire
- Evolution des hauteurs sur le **modèle numérique** en transitoire

L'approche numérique en transitoire permet d'appréhender le cumul des:

- intumescences au droit de la tulipe,
- et phénomènes d'ondes dans le bassin d'épargne.

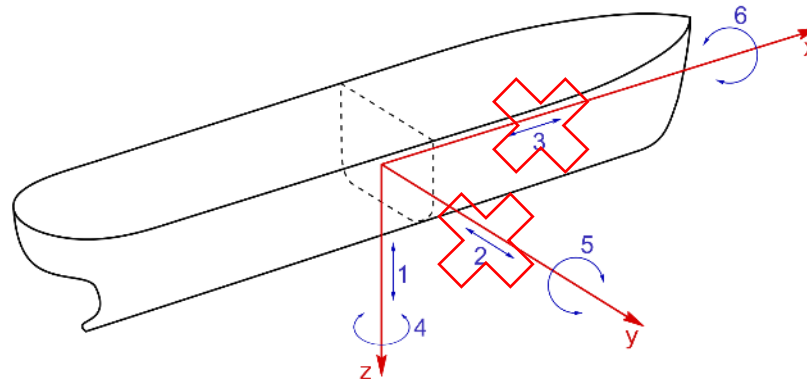


MODÉLISATION PHYSIQUE DE L'ÉCLUSE DE HAUTE CHUTE DE OISY-LE-VERGER (1/25) INSTRUMENTATION

Mesure des efforts d'amarrage

Dispositif sur le convoi

- système de guidage du convoi: 2 tiges traversantes verticales
- 3 capteurs de déformation
 - efforts longitudinaux
 - efforts transversaux
 - moment de lacet
- mesure
 - des efforts hydrodynamiques totaux
 - avec des amarres de rigidité infinie
 - indépendante de la géométrie d'amarrage
 - meilleure maîtrise des frottements parasites qu'avec un modèle de bollards flottants



MODÉLISATION PHYSIQUE DE L'ÉCLUSE DE HAUTE CHUTE DE OISY-LE-VERGER (1/25) INSTRUMENTATION

Mesure des efforts d'amarrage

- Convoi CEMT Vb
 - prototype: 185 m x 11,40 m x 3,00 m (4500 t)
 - à l'échelle du modèle 7,40 m x 0,456 m x 0,120 m (350 kg)
- Efforts attendus
 - poussée = $\rho \cdot g \cdot 0,9 \cdot V = 3575 \text{ N}$ (coefficient de bloc = 0,9)
 - ordre de grandeur des efforts = $1/1000 \cdot$ poussée = 3,6 N
- Capteurs de déformation
 - plage < 30 N (2kg et 2x600g)
 - linéarité > 0,5% (= 0,15 N)
- Localisation et convention de signes

