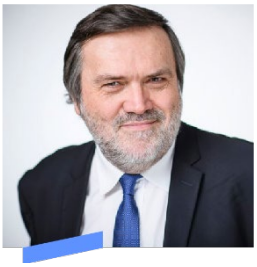
Avril 2022

LES CAHIERS DU LAB

Modernisation de l'exploitation

01 STANDARD GESTION HYDRAULIQUE



Bienvenue au LAB VNF !

Plongez au sein de cet univers « Hors Cadre », qui s'appuie sur les talents de l'établissement pour faire émerger les solutions pour la communauté VNF.

Une conviction forte guide le LAB, celle que la mise en œuvre du projet de modernisation ne pourra réussir que par un mode de management nouveau. Si l'on veut réussir à mettre en place un système modernisé qui soit viable et pertinent pour tous nos collègues, il faut nous appuyer sur les experts qui opèrent chaque jour sur le terrain dans les territoires. Mais il nous faut aussi dépasser les différences infondées entre territoires, le trop célèbre PPCM – « Pas Pareil Chez Moi » - pour inventer un système cohérent et efficace.

PPCM
PAS PAREIL CHEZ MOI

Dans un établissement comme le nôtre, parvenir à réunir les meilleurs talents de VNF sur un sujet et les faire travailler ensemble, hors hiérarchie, relève du véritable défi. C'est le pari que fait le LAB VNF : celui de l'intelligence collective.

Le principe ?
Un sujet pour lequel VNF a besoin de trouver une solution à l'échelle de l'établissement. Des collaborateurs talentueux, compétents et engagés sur le sujet, peu importe leur niveau hiérarchique, venant de tous les horizons de la communauté VNF.

Le Lab réunit une dizaine de ces talents et le cas échéant usagers ou utilisateurs potentiels, leur fixe un cadre d'action et un délai, et met à leur disposition des ressources pour faciliter l'échange, adopter des méthodes de travail collaboratives innovantes et adaptées aux objectifs visés et ainsi faire émerger les solutions pertinentes.

A l'issue de la co-construction, les propositions sont présentées à la Direction de l'établissement pour décision et sont consignées dans un numéro des Cahiers du Lab. Ces cahiers font ensuite office de référentiels et les standards qu'ils contiennent – les règles communes – doivent être appliqués sur l'ensemble du périmètre de l'établissement. Ils contribuent à rapprocher nos modes de faire et à ainsi moderniser VNF.

Une chose est sûre : au-delà de sa grande efficacité pour dégager des solutions communes, cette méthode est particulièrement stimulante et enrichissante pour celles et ceux qui y participent.

Vous souhaitez participer à la démarche ? Retrouvez sur l'intranet tous les sujets qui s'inscriront dans une approche LAB dans les prochains mois.

Thierry Guimbaud

Table des matières

Préambule 5

Vision cible de la GH à 10 ans 6

Enjeux et situation actuelle de la GH 6

Les fonctionnalités de la GH dans la vision cible 7

L'architecture informatique industrielle cible 8

Les besoins fonctionnels de la GH 10

Les besoins GH adressés aux niveaux local/PCC/ingénierie 10

Les besoins fonctionnels de la GH par typologie d'ouvrage 12

Les éléments de GH à visualiser via la supervision (en PCC ou embarquée) 17

L'instrumentation standard par typologie d'ouvrage et les critères de priorisation de la modernisation des ouvrages 18

Les typologies de donnée GH et les unités standards de stockage de la donnée 22

Les formes de la donnée GH 22

Les unités standards de stockage de la donnée GH 23

Le cheminement standard de la donnée (depuis le capteur jusqu'à l'outil d'hypervision) 26

L'horodatage de la donnée et les fréquences relatives à la donnée de GH 27

L'horodatage des données de GH 27

Les besoins concernant les fréquences relatives à la donnée GH 27

La fiabilisation de la donnée de GH 29

La chaine de responsabilité de la donnée 29

Le processus de fiabilisation de la donnée 30

Les références bibliographiques de la gestion hydraulique 33

Tableau récapitulatif du standard GH et des points à approfondir 36

Table des figures

Figure 1 : Recensement du type de fonctionnement des ouvrages (extrait BDO) 6
Figure 2 : Illustration de la vision cible de la GH 8
Figure 3 : Durées d'indisponibilité en fonction du SLA 9
Figure 4 : Illustration des niveaux de service de l'architecture informatique industrielle 9
Figure 5 : Schéma de l'architecture informatique industrielle 10
Figure 6 : Vue d'ensemble des besoins fonctionnels de la GH au niveau local/PCC/ingénierie 11
Figure 7 : Besoins fonctionnels/métiers relatifs aux biefs 12
Figure 8 : Besoins fonctionnels/métiers relatifs aux prises d'eau 14
Figure 9 : Besoins fonctionnels/métiers relatifs aux prises d'eau 14
Figure 10 : Besoins fonctionnels/métiers relatifs aux barrages 15
Figure 11 : Besoins fonctionnels/métiers relatifs aux écluses 16
Figure 12 : Besoins fonctionnels/métiers relatifs aux autres types d'ouvrage 17
Figure 13 : Vue d'ensemble des éléments à visualiser via la supervision 18
Figure 14 : Instrumentation standard des biefs 18
Figure 15 : Instrumentation standards des prises d'eau 19
Figure 16 : Instrumentation standard des rejets d'eau 19
Figure 17 : Instrumentation standard des barrages 20
Figure 18 : Instrumentation standard des écluses 20
Figure 19 : Instrumentation standard d'autres types d'ouvrage 20
Figure 20 : Définition des différentes formes de la donnée GH 22
Figure 21 : Unités standards de stockage de la donnée (1/2) 24
Figure 22 : Unités standards de stockage de la donnée (2/2) 25
Figure 23 : Cheminement standard des données de GH 26
Figure 24 : Horodatage des données de GH selon le type de réseau 27
Figure 25 : Définition des différents types de fréquences relatives aux données de GH 27
Figure 26 : Valeurs des fréquences de mesure, d'émission, d'archivage et d'intervalle de stockage standards .. 28
Figure 27 : La chaine de responsabilité de la donnée 29
Figure 28 : Processus de fiabilisation de la donnée 30
Figure 29 : Les nouveaux rôles autour de la donnée 32
Figure 30 : Loi hydraulique pour un dispositif en surverse ou déversement (régime dénoyé) 33
Figure 31 : Loi hydraulique pour un dispositif en sousverse (régime dénoyé) 33
Figure 32 : Illustration du catalogue de l'instrumentation 34
Figure 33 : Illustrations de la charte qualité de l'hydrométrie 35

Préambule

Quatre groupes de co-construction ont été lancés en décembre 2021 : SCUO, Architecture PCC, Gestion Hydraulique (GH) et Audio & Vidéo.

Ces groupes de co-construction fixent une ambition commune de cadrage national sur une thématique. Les principes donnés visent à homogénéiser le fonctionnement et l'utilisation sur tout le territoire et sont définis dans un standard. Ce document est à destination de tous les acteurs de la GH de VNF ainsi qu'aux maitres d'œuvres et intégrateurs, afin de le déployer.

Le présent document propose le **standard Gestion Hydraulique** dans le cadre de la modernisation de l'exploitation et de la maintenance d'ici fin 2029. Ce travail fait suite et s'appuie sur les travaux réalisés par les différents groupes métiers et tout particulièrement du **groupe sur « la politique de l'eau »**.

Il couvre les éléments suivants :

- La vision cible de la gestion hydraulique quantitative à 10 ans
- Les besoins fonctionnels relatifs à la gestion hydraulique, les données nécessaires à leur mise en œuvre et les utilisateurs de la donnée
- L'instrumentation standard par typologie d'ouvrage et les critères de priorisation de la modernisation des ouvrages
- Les typologies de données de GH et les unités standards de stockage de la donnée
- Le cheminement standard de la donnée (depuis le capteur jusqu'à l'outil d'hypervision)
- L'horodatage de la donnée et les fréquences relatives à la donnée de GH (fréquence de mesure, fréquence d'émission et de rafraichissement, intervalle de stockage & fréquence d'archivage)
- La fiabilisation de la donnée de GH
- Les références bibliographiques de la gestion hydraulique

Il s'agit de définir une vision partagée par l'ensemble de l'établissement (directions territoriales et siège : DIEE, DSIN, DIMOA) et des standards qui permettront d'avoir des outils d'exploitation et de maintenance des ouvrages de gestion hydraulique communs.

Il est à noter que le standard Gestion Hydraulique rencontre des connexions et interdépendances avec les autres ateliers de co-construction.

Les participants de l'Atelier de co-construction Gestion Hydraulique ont été identifiés afin d'avoir une grande expertise sur les sujets et une représentativité de l'ensemble des activités de VNF (technicien, service maintenance-exploitation, informatique).

Représentant DT SO et pilote du groupe : Xavier Corrihons
Représentant DT NE et co-pilote du groupe : Clément Rin
Représentant DT NPdC : Karine Chuquet
Représentant DT BS : Hocine Mekrez
Représentant DT RS : Raphaël Tavernier
Représentant DT CB : Quentin Foucher
Représentant DT S : Laurent Muller
Responsables métiers : Christine Bourbon et Grégory Decoster
Responsable technique : David Morel
Contributeur DIMOA : Timothée Chretien
Sponsor : Guy Rouas

Les principes définis et reportés dans ce document ont été retenus car ils constituent une réponse adaptée au champ de contraintes de la majorité des DT.

Section 1 : Vision cible à 10 ans et besoins fonctionnels de la GH

Vision cible de la GH à 10 ans

Enjeux et situation actuelle de la GH

Les enjeux de la gestion hydraulique sont multiples et permettent de mieux comprendre l'intérêt de la modernisation de l'exploitation et de la maintenance de VNF ainsi que la définition de standards. Les enjeux identifiés lors de cet atelier sont les suivants :

- Dans le contexte du changement climatique :
  - Avoir une meilleure connaissance des volumes prélevés, des débits, et améliorer la gestion des ouvrages en temps réel afin d'optimiser la consommation d'eau.
  - Respecter les prescriptions réglementaires.
  - Mieux gérer les crues
  - Anticiper les crises
- Assurer le maintien des biefs dans les seuils d'exploitation.
- Garantir la sécurité des ouvrages et des tiers.
- Tracer les processus de gestion hydraulique
- Fournir des données fiables aux partenaires extérieurs.
- Assurer la disponibilité et la fiabilité de la donnée en tous lieux et tout temps.

Aujourd'hui, d'après un recensement extrait de BDO, **près de 75% des ouvrages de gestion hydraulique sont gérés manuellement** et pour 20% des ouvrages le mode de fonctionnement n'est pas connu (voir figure 1. ci-dessous). Ces chiffres montrent l'importance des travaux de modernisation qui devront être mis en œuvre pour atteindre la cible de la GH qui est décrite dans la partie suivante.

NATURES D'OUVRAGE	NOMBRE D'OUVRAGES MANUELS	NOMBRE D'OUVRAGES MÉCANISÉS	NOMBRE D'OUVRAGES TÉLÉGÉRÉS	NOMBRE D'OUVRAGES AUTOMATISÉS	NOMBRE D'OUVRAGES NC	TOTAL DES OUVRAGES
Barrages *(uniquement les ouvrages à intérêt GH (ex. barrages de prise d'eau))*	49	9	1	7	1	67
Prises d'eau	471	25	5	21	81	603
Rejets d'eau	591	45	2	5	54	697
Contournement d'écluses	182	23	0	12	59	276
Déversoirs	418	5	0	0	165	588
Station de pompage	1	53	1	12	11	78
Siphons évacuateurs	7	1	0	0	27	35
Usines élévatoires	0	3	0	2	0	5
Total	1 719	164	9	59	398	2 349

Figure 1 : Recensement du type de fonctionnement des ouvrages (extrait BDO)

Les fonctionnalités de la GH dans la vision cible

La vision cible de la GH à 10 ans est définie par la modernisation selon 6 dimensions : l'instrumentation, la mécanisation & l'automatisation des ouvrages, la supervision (y compris embarquée), l'hypervision, la télégestion (y compris embarquée), et l'archivage des données de GH :

- **Instrumentation de l'ensemble des ouvrages de GH** (incluant les biefs, la pluviométrie, les niveaux de nappes, …) : installation de capteurs sur les ouvrages de gestion hydraulique qui permettront de remonter des données et d'alimenter la supervision et l'hypervision.
- **Mécanisation & automatisation des ouvrages de GH** : à la cible, tous les ouvrages qui le nécessitent seront mécanisés et télégérés et certains d'entre eux seront automatisés (par exemple leurs vannes seront asservies à des niveaux ou des débits).
- **Supervision de la gestion hydraulique** : superviser en temps réel l'état de la gestion hydraulique (niveaux d'eau, débits, débits réservés, volume, image, …), analyser l'historique des niveaux, débits d'eau et volumes depuis le PCC ou en dehors du PCC via un ordinateur ou une tablette (supervision embarquée). La supervision de la GH permet aussi d'**avoir connaissance des alertes relatives à la GH** (par exemple : hauteurs de biefs ou débits qui sortent des seuils d'exploitation), **des acquittements d'alarme et des changements à distance des seuils d'alerte.** La supervision de la gestion hydraulique inclut la **visualisation de données en provenance de sources externes** (météorologiques, hydrologiques, prélèvements d'eau, …) afin de réaliser des prévisions des niveaux et débits. Enfin, l'horodatage de la dernière valeur affichée doit être accessible.
- **Supervision des ouvrages hydrauliques** : superviser en temps réel l'état des ouvrages (ouverts, fermés, mouvements en cours, image, mode de fonctionnement, disponibilité …), analyser l'historique de mouvements des ouvrages depuis le PCC ou en dehors du PCC via un ordinateur ou une tablette (supervision embarquée). La supervision des ouvrages hydrauliques permet aussi d'**avoir connaissance des défauts de fonctionnement des équipements et des ouvrages** (sonde HS ou divergente, défaut bloquant sur un organe de manœuvre par exemple). La supervision des ouvrages hydrauliques inclut la **visualisation de données concernant des ouvrages de partenaires externes** qui exercent une influence sur la gestion hydraulique de VNF. Enfin, l'horodatage de la dernière valeur affichée doit être accessible.
- **Hypervision des ouvrages et de la gestion hydraulique** : exploitation en temps différé (contrairement à la supervision qui s'effectue en temps réel) de données qui permet de réaliser des bilans, des suivis d'indicateurs, des évaluations, des études, et de mettre en œuvre de modèles prédictifs basés sur l'exploitation d'un grand volume de donnée (big data assistée par de l'intelligence artificielle).
- **Télégestion des ouvrages** : modification des consignes d'un API (demande à un automate d'effectuer tel ou tel cycle, ou d'ouvrir une vanne selon un % donné, …) ou des consignes de gestion (hauteur et débit) **depuis le PCC** ou **en dehors du PCC** via un ordinateur ou une tablette (**télégestion embarquée**). Par exemple, un opérateur souhaite faire passer l'ouverture d'une vanne de 15% à 30%. Il va donc modifier la consigne via l'outil de supervision au PCC et l'automate va se charger de l'appliquer automatiquement.
- **Archivage des données de GH** : l'archivage d'un grand nombre de données fiabilisées doit permettre la mise en place de modèles prédictifs qui aideront les prises de décisions concernant la GH.

La **télégestion embarquée** soulève d'importantes **problématiques de responsabilité** par conséquent le recours à cette fonctionnalité **reste à valider par l'établissement**. Aujourd'hui cette fonctionnalité est utilisée par certaines DT, son interdiction aurait donc un impact sur les organisations et les effectifs.

A la cible les ouvrages seront automatisés et selon les cas, si ce n'est pas possible ou souhaitable, certains ouvrages seront télégérés, mécanisés ou manuels.

En revanche, **la téléconduite ne fait pas partie des fonctionnalités de la vision cible de la GH**. La téléconduite correspond au pilotage à distance d'un API (pilotage à distance du programme d'un automate). Par exemple, ouverture progressive d'une vanne à l'aide d'un joystick. Le % d'ouverture dépend de la durée d'enfoncement du bouton par l'opérateur.

Le schéma ci-dessous illustre la vision cible de la GH décrit précédemment.

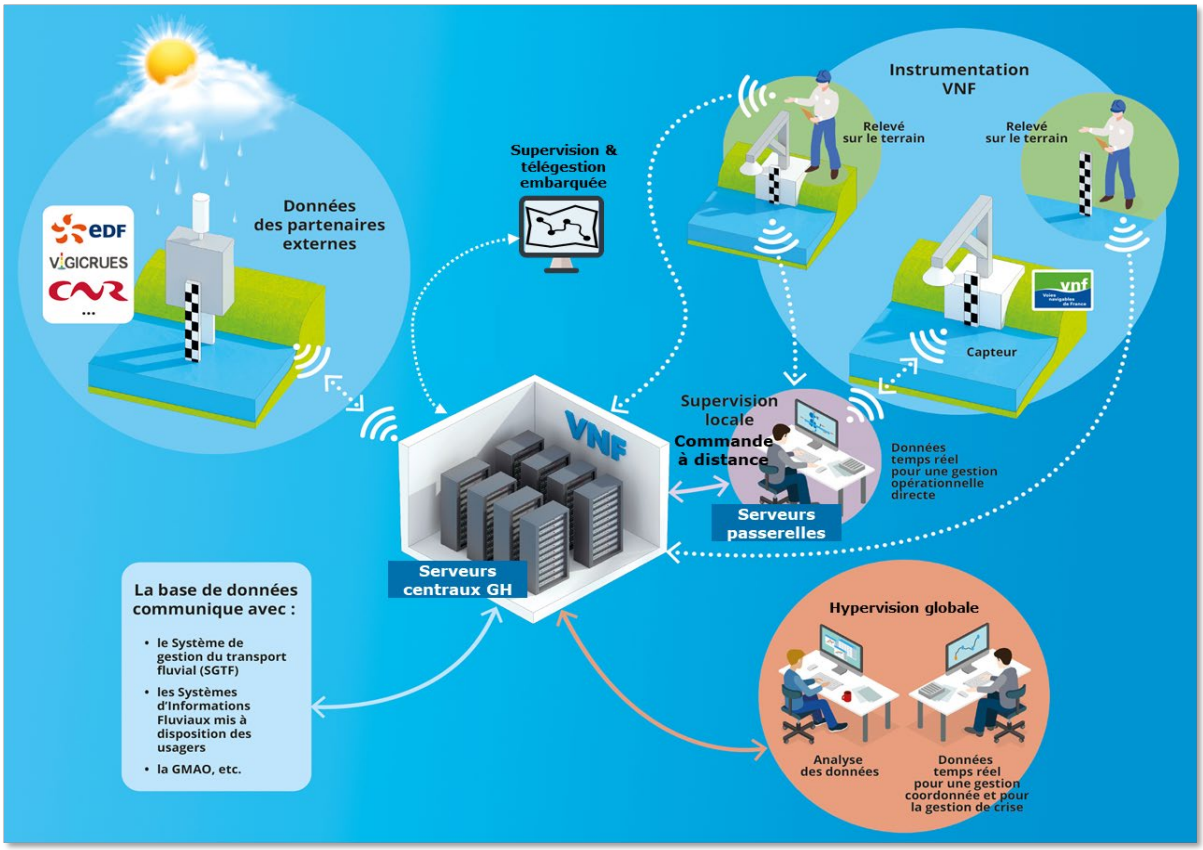


Figure 2 : Illustration de la vision cible de la GH

L'architecture informatique industrielle cible

Trois niveaux de services sont au cœur de l'architecture informatique industrielle cible :

- Le niveau 1 correspond au réseau local fermé connectant les ouvrages et les PCC. Il doit permettre l'exploitation des ouvrages en temps réel même en cas de coupure de connexion avec le réseau externe. Il dispose de serveurs d'acquisition, de traitements et de stockage ponctuel de la donnée (passerelles d'acquisition, serveur SCADA, VMS, ...). Son niveau de disponibilité est de 99,9% voire 99,99%.
- Le niveau 2 correspond au réseau d'entreprise, il connecte tous les PCC aux data centers nationaux. Il doit permettre l'hypervision des ouvrages : le stockage de toutes les données d'exploitation, le traitement de ces données (calcul d'indicateurs, analyses statistiques, big data, modèles d'IA, ...) et l'exposition de ces données et des résultats de ces traitements en interne via des API et des services web. Cette exposition peut être ponctuellement étendue aux partenaires. Son niveau de disponibilité est de 99% voire 99,9%. On trouve aussi à ce niveau des serveurs non-critiques pour l'exploitation (maintenance, astreintes, ...).
- Le niveau 3 correspond au réseau public. Il doit permettre aux acteurs externes (partenaires, usagers professionnels et particuliers, ...) d'accéder à certaines données depuis les data centers, via des API et des services web publics. Son niveau de disponibilité est de 99%.

Pour référence, les temps d'indisponibilité en fonction du SLA (service level agreement correspond au niveau de disponibilité) :

SLA (en %)	Durée de l'indisponibilité par jour	Durée de l'indisponibilité par an
95%	1h 12m 00s	18j 06h 17m 27s
98%	28m 48s	7j 07h 18m 59s
99,9%	1m 26s	8h 45m 56s
99,99%	8s	52m 35s

Figure 3 : Durées d'indisponibilité en fonction du SLA

Il est important de noter que le niveau de disponibilité de la donnée doit être définie selon les besoins. Plus le niveau de disponibilité est élevé plus le coût de la donnée est important (augmentation des moyens de redondance, maintenance, sécurité…).

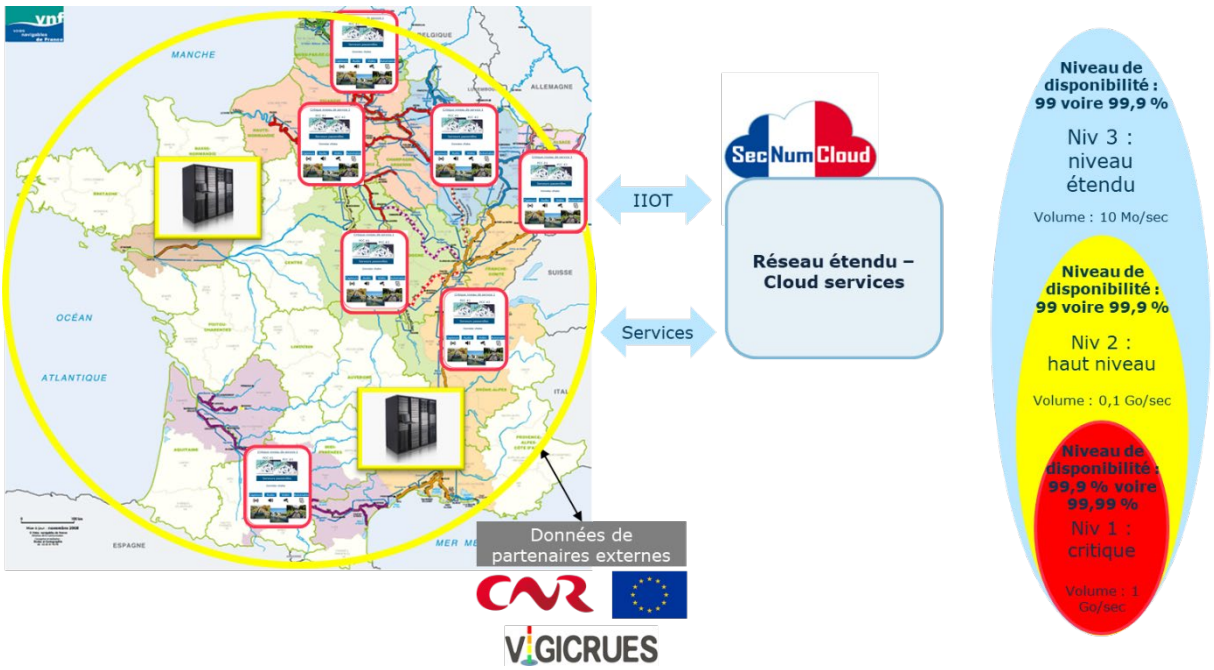


Figure 4 : Illustration des niveaux de service de l'architecture informatique industrielle

L'architecture informatique industrielle cible a été définie afin d'assurer une cybersécurité forte et une disponibilité de la donnée qui répond à l'ensemble des besoins de VNF.

Cette architecture informatique industrielle repose sur plusieurs principes :

- Mise en place de serveurs passerelles aux PCC permettant de l'acquisition, le traitement et le stockage à court terme des données nécessaires à l'exploitation. **La durée du stockage « tampon » au niveau de l'outil de supervision (au PCC) reste à définir.**
- Déploiement dans chaque PCC d'un outil de supervision pour les 4 domaines d'exploitation (téléconduite, réarmement à distance, gestion hydraulique, gestion du trafic)
- Adaptation de l'outil aux spécificités locales
- Mise en place de 3 niveaux de réseau et de service :
    - réseau de l'itinéraire et des PCC, local, pour l'exploitation
    - réseau d'entreprise, interne et national, pour l'hypervision et l'archivage
    - réseau étendu, externe et public, pour l'extension de services d'entreprise

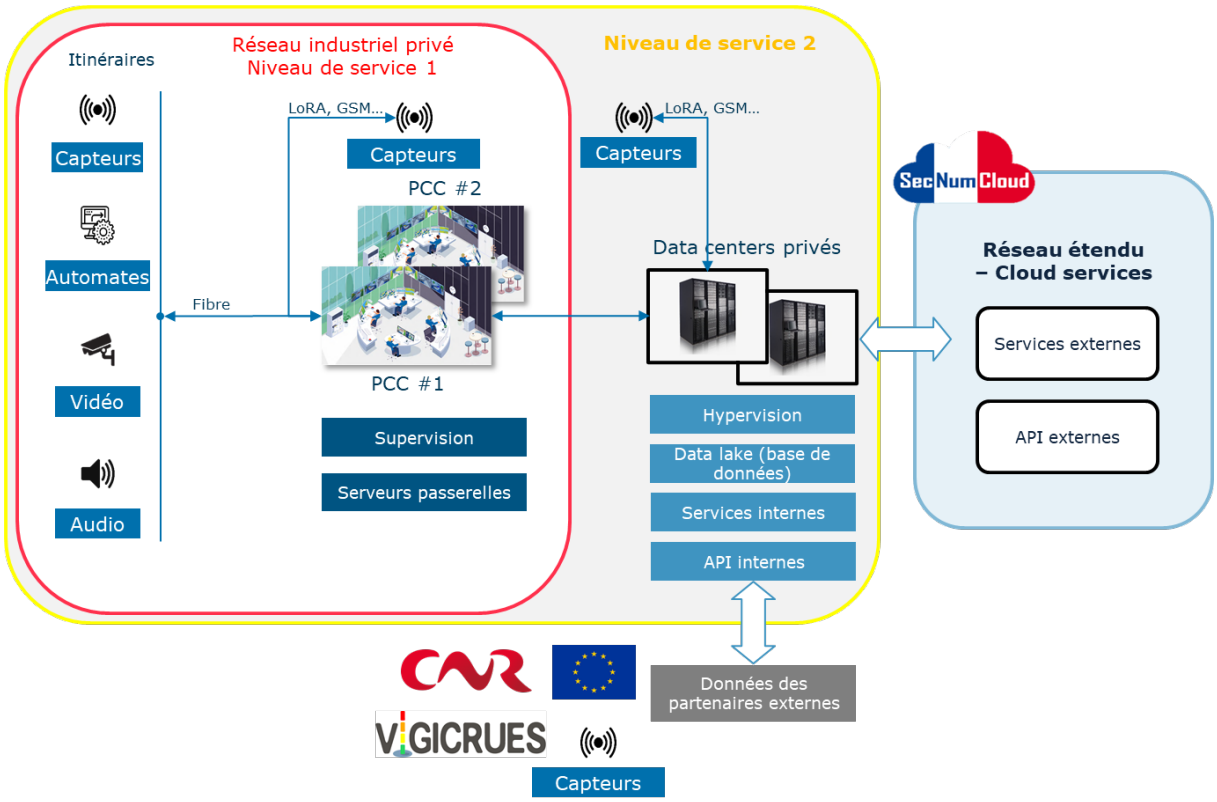


Figure 5 : Schéma de l'architecture informatique industrielle

Les besoins fonctionnels de la GH

Les besoins GH adressés aux niveaux local/PCC/ingénierie

Les besoins fonctionnels de la GH ont été classés selon le type d'acteurs : locaux, au PCC ou ingénierie GH et de projet (DT, DIMOA et siège).

Concernant les **acteurs locaux de la GH** (mainteneurs, exploitants, intervenants externes) les besoins qui ont été identifiés sont les suivants :

- En mode standard :
  - Mesurer les données GH
  - Calculer les données GH
  - Communiquer les données de GH
  - Manœuvrer les ouvrages manuels
- En mode dégradé (si dysfonctionnement du PCC) :
  - Contrôler certaines données (via une tablette par exemple)
  - Manœuvrer des ouvrages (via une IHM et commande électrique)

Pour les **acteurs au PCC** (différents selon les DT mais qui peuvent par exemple être : opérateurs au PCC, chef de salle, acteurs externes en relation avec les acteurs au PCC ; agriculteurs, agence de l'eau, …) les besoins de la GH sont les suivants :

- Superviser l'état de la gestion hydraulique (niveaux d'eau, débits, débits réservés, volume, image …)
- Superviser l'état des ouvrages (ouverts, fermés, mouvements en cours, image, en fonctionnement ou hors service …)
- Analyser l'historique des niveaux, débits d'eau, volume et mouvements des ouvrages
- Avoir connaissance des incidents (alertes, défauts) de GH
- Lever/notifier une alerte

- Gérer et suivre les interventions (levée de doute, ordre, acquittement, …) GH
- Avoir connaissance de la situation météorologique et hydrologique actuelle et à venir
- Échanger des données avec des sources externes (autres opérateurs) pour coordonner la gestion
- Modifier des consignes aux ouvrages de GH à distance

En addition de ces besoins au PCC, il a été identifié le besoin de disposer des fonctionnalités du superviseur sur des supports embarqués (PC portable, tablette) pour les agents en astreinte en dehors des heures d'ouverture du PCC.

Enfin, pour les **acteurs de l'ingénierie GH et de projet** en DT, à la DIMOA et au siège, les besoins sont les mêmes mais sur des périmètres différents, une temporalité différente et des niveaux d'intégration différents :

- Superviser l'état de la gestion hydraulique (niveaux d'eau, débits, débits réservés, en vue de travaux sur les ouvrages, …)
- Superviser l'état des ouvrages (ouverts, fermés, mouvements en cours, en vue de travaux sur les ouvrages, …)
- Analyser l'historique des niveaux, débits d'eau et mouvements des ouvrages à l'aide d'un traitement statistique
- Échanger des données avec des sources externes (autres opérateurs) pour rendre compte et réaliser des études
- Consolider des indicateurs et faire des bilans, suivis sur des réserves à l'aide de ces indicateurs
- Réaliser des études et exploiter des modèles d'anticipation (modèles prédictifs) GH

Les acteurs de l'ingénierie GH et de projet sont entre autres : les personnes en charge de l'analyse et de la valorisation de la donnée en DT et au siège, les responsables de travaux GH et les acteurs externes (navigants, agriculteurs, ports, agence de l'eau, DREAL/SCP, autres gestionnaires d'ouvrages, météo France, mairie, préfecture, communauté des communes, Europe, bureau d'études, police de l'eau …).

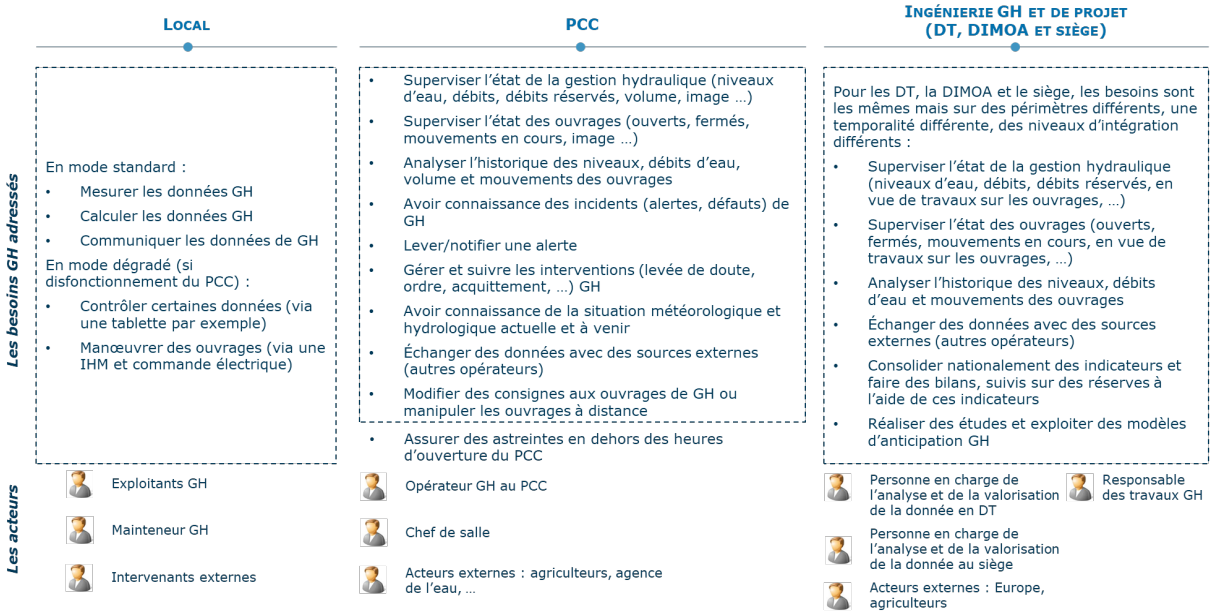


Figure 6 : Vue d'ensemble des besoins fonctionnels de la GH au niveau local/PCC/ingénierie

Les besoins fonctionnels de la GH par typologie d'ouvrage

Afin de définir des standards et choisir des solutions techniques et technologiques adaptées, une cartographie des besoins fonctionnels par typologie d'ouvrage a été réalisée. L'objectif est d'identifier pour chaque type d'ouvrages : les cas d'usage, les données nécessaires à leur mise en œuvre et les utilisateurs de la donnée.

L'ensemble des tableaux ci-dessous recensent les besoins qui ont été identifiés lors de l'atelier de co-construction GH. Il est important de noter que, hormis certains ouvrages spécifiques, les besoins sont communs à l'ensemble des directions territoriales de VNF. Aux besoins identifiés dans ce tableau, il est nécessaire d'ajouter les alarmes de dépassement de seuils de niveaux et de débit ainsi que le dysfonctionnement d'ouvrages.

Type d'ouvrage	***Nature d'ouvrage***	***Besoins métiers***	***Données nécessaires à la mise en œuvre***	***Utilisateurs de la donnée***
Bief	Tout type de bief	Vérifier la possibilité de procéder à un prélèvement sur un bief	• Débits entrants et sortants • Cote d'alerte (cote minimum, donnée de référence) • Débits prélevés par des tiers	Opérateur GH au PCC Opérateur PG et GG
		Avoir connaissance des contraintes mini et maxi (en fonction du débit/de la saison ...) qui permettent de respecter l'ensemble des usages du bief (respecter le mouillage, prélèvement, passage sous pont, …)	• Cote du bief • Cotes minimum/maximum (données de référence) • Débits entrants et sortants • Données bathymétrique (hauteur libre) • Hauteur pont (Tirant d'air)	Opérateur GH au PCC Opérateur PG et GG Exploitants terrain
		Avoir connaissance en cas de problèmes liés à la crue, l'étiage, etc de la position des bateaux	• Localisation et nombre de bateaux présents	Opérateur GH au PCC Opérateur PG et GG
	Canaux	S'assurer que la hauteur d'eau d'un bief est dans les seuils d'exploitation	• Cote du bief • Cotes minimum/maximum (données de référence) • Débits entrants et sortants • Volume du bief	Opérateur GH au PCC Opérateur PG et GG Exploitants terrain
	Rivières canalisées	S'assurer que les hauteurs d'eau sont dans les seuils d'exploitation	• Cotes de la rivière en différents points • Cotes minimum/maximum (données de référence) • Débits entrants et sortants	Opérateur GH au PCC Opérateur PG et GG Exploitants terrain
	Rigole d'alimentation	Assurer l'alimentation en eau des voies navigables	• Cotes amont et aval de la rigole • Cote du bief à alimenter • Position des ouvrages, disponibilité des ouvrages et modes de fonctionnement • Géométrie des ouvrages • Besoin en volume sur secteur de canal alimenté • Débits amont et aval • Débits prélevés par des tiers sur la rigole	Opérateur GH au PCC Opérateur PG et GG Exploitants terrain
		Adapter la gestion des ouvrages et du réseau aux situations de crue et d'étiage	• Cotes amont et aval • Cote du bief aval • Position des ouvrages • Géométrie des ouvrages • Besoin en volume sur secteur de canal alimenté • Débits amont et aval	Opérateur GH au PCC Opérateur PG et GG Exploitants terrain

Figure 7 : Besoins fonctionnels/métiers relatifs aux biefs

Type d'ouvrage	***Nature d'ouvrage***	***Besoins métiers associés***	***Données nécessaires à la mise en œuvre***	***Utilisateurs de la donnée***
Prise d'eau	Tout type de prise d'eau	S'assurer du respect des obligations réglementaires et rendre compte des volumes prélevés	• Débits et volumes prélevés • Débits et volumes de restitutions au milieu naturel • Débits et volumes donnés au tiers par convention	Opérateur GH au PCC Ingénierie de la GH Acteurs externes : agence de l'eau, …
	Station de pompage relevage	Assurer l'alimentation du réseau VNF depuis le barrage réservoir lorsque la prise d'eau principale ne permet plus de prélever	• Débit et volume pompés • Cote du barrage réservoir • Cote du bief alimenté • Débit de prélèvement • Besoins journaliers de VNF et des partenaires	Opérateur GH au PCC Exploitants terrain
		Assurer le remplissage du barrage réservoir lorsque les bassins versants ne suffisent pas	• Débit et volume pompés • Cote du barrage réservoir alimenté • Cote du bief qui alimente • Débit de prélèvement • Besoins journaliers de VNF et des partenaires	Opérateur GH au PCC Exploitants terrain
		Assurer l'alimentation du réseau VNF depuis un bief, une rivière en cas de défaillance de l'alimentation principale	• Débit et volume pompés • Cote du bief qui alimente • Cote du bief alimenté • Débit prise d'eau principale • Besoins journaliers de VNF et des partenaires	Opérateur GH au PCC Exploitants terrain
		Vérifier l'état du système et s'assurer de son fonctionnement normal	• Débit pompé • Cotes amont et aval • Temps de marche • Puissance consommée • Etats du système • Défauts	Opérateur GH au PCC Exploitants terrain
	Prise d'eau gravitaire contrôlée	Assurer le remplissage gravitaire contrôlée du barrage réservoir par conduite forcée	• Volume journalier et annuel • Cote du barrage réservoir • Débit prise d'eau principale	Opérateur GH au PCC Exploitants terrain
		Assurer l'alimentation des biefs (navigation, biefs de partage)	• Besoins en volume du réseau • Capacité et temps de transit du réseau (rigoles, ventelles, buses, vannes) • Position des ouvrages • Débit et volume prélevés • Débit laissé au cours d'eau • Hauteurs site de prélèvement (amont, aval) • Vitesse d'écoulement	Opérateur GH au PCC Opérateur PG et GG Exploitants terrain
		Vérifier l'état du système et s'assurer de son fonctionnement normal	• Cotes amont et aval • Cote du bief à alimenter • Position des ouvrages • Débit • Temps de marche • Etats du système • Défauts • Jaugeages	Opérateur GH au PCC Exploitants terrain
	Interception cours d'eau (non contrôlé, pas de seuil)	Assurer l'alimentation en eau des voies navigables	• Cotes amont et aval (si loi d'ouvrage) • Vitesse d'écoulement (si débitmètre) • Débit et volume prélevés • Cote du bief à alimenter • Géométrie des ouvrages • Besoin en volume sur secteur de canal alimenté	Opérateur GH au PCC Opérateur PG et GG Exploitants terrain
		Adapter la gestion de l'interception du cours d'eau aux situations de crue et d'étiage	• Cote bief • Débit entrant • Débit sortant du canal • Etats (de fonctionnement) des ouvrages de décharge associés	Opérateur GH au PCC Exploitants terrain Acteurs externes

Figure 8 : Besoins fonctionnels/métiers relatifs aux prises d'eau

Type d'ouvrage	***Nature d'ouvrage***	***Besoins métiers associés***	***Données nécessaires à la mise en œuvre***	***Utilisateurs de la donnée***
Rejets d'eau	Tout type de rejet d'eau	Vérifier l'état du système et s'assurer de son fonctionnement normal	• Cotes amont et aval • Débit sortant • Défauts capteurs • Jaugeages	Opérateur GH au PCC Exploitants terrain
	Bassin d'écrêtement de crue ou Polder	Protéger la population et les infrastructures en abaissant le pic de crue	• Débit d'alimentation • Débit de vidange • Cote voie d'eau • Débit voie d'eau • Cotes polder	Opérateur GH au PCC Exploitants terrain Acteurs externes : police, préfecture, …
	Évacuateur de crue	Évacuer la crue et éviter les débordements du canal ou du barrage réservoir sur des secteurs à enjeux	• Cote amont • Cote aval • Débit sortant de l'ouvrage	Opérateur GH au PCC Exploitants terrain
		Construire des bilans à destination de l'organisme de contrôle	• Image vidéo • Cote du plan d'eau	Organisme de contrôle
	Déversoir latéral (seuil fixe)	Comptabiliser les volumes et débits rejetés pour optimiser les prélèvements en temps réel et dresser des bilans	• Cote du bief • Débit • Volume	Opérateur GH au PCC Ingénierie de la GH
		Assurer la gestion des crues	• Cote amont • Cote aval • Géométrie des ouvrages • Débit sortant du canal	Opérateur GH au PCC Exploitants terrain
		Assurer le niveau de navigation	• Cote	Opérateur GH au PCC Opérateur PG et GG
	Epanchoir (avec vanne)	Comptabiliser les volumes et débits rejetés pour optimiser les prélèvements en temps réel et dresser des bilans	• Débit • Volume • Cote amont • Cote aval • Position des ouvrages	Opérateur GH au PCC Ingénierie de la GH
		Assurer la gestion des crues et s'assurer que le rejet est réalisable sans risque	• Cote amont • Cote aval • Position des ouvrages • Géométrie des ouvrages • Image vidéo	Opérateur GH au PCC Exploitants terrain
	Siphon évacuateur	Assurer automatiquement la sécurité des barrages réservoirs pour écrêter le trop plein	• Cote du plan d'eau déclenchant le siphon • Volume évacué • Géométrie ouvrage • Cote cours d'eau aval	Opérateur GH au PCC Exploitants terrain

Figure 9 : Besoins fonctionnels/métiers relatifs aux prises d'eau

Type d'ouvrage	***Nature d'ouvrage***	***Besoins métiers associés***	***Données nécessaires à la mise en œuvre***	***Utilisateurs de la donnée***
Barrage	Barrage fixe	S'assurer que la hauteur d'eau d'un barrage en rivière est dans les seuils d'exploitation	• Cotes amont et aval du fil d'eau • Cote du bief à alimenter (si pertinent) • Débits sortant et entrant (soit cote(s) et position(s) ou vitesse(s) si débitmètre) • Seuil niveau et de débits (Données de référence) • Géométrie des ouvrages	Opérateur GH au PCC Opérateur PG au PCC Exploitants terrain Ingénierie GH
		S'assurer que le débit réservé est assuré		Opérateur PG et GG Responsable PCC Acteurs externes : Bureau d'étude, acteur institutionnel de l'eau, service régalien
	Barrage mixte	Surveiller la hauteur d'eau d'un barrage en rivière	• Cotes amont et aval du fil d'eau • Débit • Cote du bief à alimenter (si pertinent) • Géométrie des ouvrages • Position des organes de bouchure (vannes, clapets, hausses) • Seuil niveau et de débits (Données de référence)	Opérateur GH au PCC Opérateur PG au PCC Exploitants terrain Ingénierie GH
		Vérifier que le débit réservé est assuré en période d'étiage		
		Vérifier l'utilité et la possibilité d'agir sur l'ouvrage (vision globale)		
		Agir sur l'ouvrage pour ramener la cote à une valeur conforme à l'exploitation		
		Mettre à clair le barrage (rendre le barrage transparent) au bon moment en période de crue		
	Barrage mobile	Mettre à clair le barrage (rendre le barrage transparent) au bon moment en période de crue	• Cotes amont et aval du fil d'eau • Seuil niveau (Données de référence) • Cote du bief à alimenter (si pertinent) • Débit transitant (à partir des cotes amont et aval) • Géométrie des ouvrages • Position des bouchures (vannes, clapets, hausses) • Débit réservé (sur un abaque) • Données de débit en provenance de tiers (microcentrale, dreal, …)	Opérateur GH au PCC Opérateur PG au PCC Exploitants terrain Ingénierie GH
		Surveiller la hauteur d'eau d'un barrage en rivière navigable		
		Vérifier que le débit réservé est assuré en période d'étiage		
		Vérifier l'utilité et la possibilité d'agir sur l'ouvrage (vision globale)		
		Agir sur l'ouvrage pour ramener la cote à une valeur conforme à l'exploitation		
	Barrage réservoir (structure) hors vannages, prises d'eau, etc.	S'assurer que la hauteur d'eau du barrage réservoir est dans les seuils d'exploitation	• Cote du barrage • Position des organes de manœuvre • Débits sortants et entrant • Pluviométrie • Seuil niveau (Données de référence) • Débits sortant et entrant (soit cote(s) et position(s) ou vitesse(s) si débitmètre)	Opérateur GH au PCC Opérateur PG GG au PCC Exploitants terrain Ingénierie GH
		Assurer l'alimentation en eau des voies navigables		Opérateur GH au PCC Opérateur PG GG au PCC Exploitants terrain Ingénierie GH

Figure 10 : Besoins fonctionnels/métiers relatifs aux barrages

Type d'ouvrage	***Nature d'ouvrage***	***Besoins métiers associés***	***Données nécessaires à la mise en œuvre***	***Utilisateurs de la donnée***
Écluse	Ouvrage global	Vérifier l'état du système et s'assurer de son fonctionnement normal	• Cotes amont et aval • Débit • Débit de fuite estimé • Défauts capteurs • Jaugeages	Opérateur GH au PCC Exploitants terrain
		Connaître le nombre de bassinées et de fausses bassinées et donc les volumes déficitaires ou excédentaires	• Nombre de bassinées • Volume par bassinée	Opérateur GH au PCC Ingénierie de la GH
		Assurer le niveau d'exploitation et navigation par surverse au-dessus des portes ou via les vannes	• Cote du bief • Cote de la porte amont bief • Position des ouvrages • Géométrie des ouvrages	Opérateur GH au PCC Exploitants terrain Opérateur PG
	Bassin d'épargne + Station de recyclage de l'eau	Économiser l'eau liée à la réalisation d'une bassinée	• Volume par bassinée	Opérateur GH au PCC Exploitants terrain
	Rigole de contournement d'écluse	Assurer l'alimentation en eau des voies navigables	• Cotes amont et aval (si loi d'ouvrage) • Vitesse d'écoulement (si débitmètre) • Cote du bief à alimenter • Position des ouvrages • Géométrie des ouvrages • Besoin en volume sur secteur de canal alimenté	Opérateur GH au PCC Exploitants terrain Opérateur PG

Figure 11 : Besoins fonctionnels/métiers relatifs aux écluses

Type d'ouvrage	***Nature d'ouvrage***	***Besoins métiers associés***	***Données nécessaires à la mise en œuvre***	***Utilisateurs de la donnée***
Ouvrages d'isolement	Porte de garde	Isoler un bief en cas de rupture de digue ou avarie	• Cote du bief aval • Etat et position de l'ouvrage	Exploitants terrain
		Assurer la gestion des crues	• Cote amont • Cote aval • Position ouvrage	Opérateur GH au PCC Exploitants terrain
		Protéger de la pollution	• Position ouvrage (ouvert/fermé)	Exploitants terrain
	Ecluse de garde	Assurer la gestion des crues	• Cote amont • Cote aval • Position ouvrage	Opérateur GH au PCC Exploitants terrain
	Vannage d'isolement/ bateau porte	Protéger une partie d'un bief d'une vidange complète, protection contre les pollutions, chômages	• À définir	À définir
Passe à poissons	Passe à poissons	Assurer la bonne migration des poissons	• Cotes aval et amont • Cotes intermédiaires • Hauteurs de chutes • Géométrie des ouvrages • Débit transitant par la passe • Débit d'attrait • Position ouvrage débit d'attrait	Opérateur GH au PCC Exploitants terrain
		Connaitre le débit d'une passe a poisson et laisser passer le débit réservé par construction	• Débit de la passe à poissons	Opérateur GH au PCC Exploitants terrain
Micro-centrale	Microcentrale	Connaître le débit turbiné par la microcentrale	• Débit turbiné par la centrale	Opérateur GH au PCC Exploitants terrain
Dégrilleur	Dégrilleur	Contrôler l'encombrement des dégrilleurs	• Cotes amont et aval • Etat dégrilleur (automatique et vidéo)	Opérateur GH au PCC Opérateur PG et GG Exploitants terrain
Siphon	Siphon (passage sous canal)	Contrôler l'encombrement de l'entrée des siphons	• Niveau amont et aval • Seuils d'alerte (données de référence) • Vidéo selon criticité du site	Opérateur GH au PCC Opérateur PG au PCC Exploitant terrain

Figure 12 : Besoins fonctionnels/métiers relatifs aux autres types d'ouvrage

Les éléments de GH à visualiser via la supervision (en PCC ou embarquée)

A la lumière des besoins identifiés dans les paragraphes précédents, des besoins en termes de visualisation via la supervision ont été définis. Ils permettent de répondre à 4 catégories de besoins fonctionnels :

- Les éléments à visualiser pour **superviser la gestion hydraulique et l'état des ouvrages** :
  - Vue d'ensemble (synoptique) sur un itinéraire avec possibilité de zoomer et de sélectionner un ouvrage
  - Donnée de la GH : niveaux d'eau, débits, débits réservés, volume, vidéo (dans certains cas spécifiques)
  - État des ouvrages : ouverts, fermés, mouvements en cours, vidéo (dans certains cas spécifiques) en fonctionnement ou pas
  - Affichage de graphiques représentant l'historique des niveaux, débits d'eau, volume et mouvements des ouvrages et autant que possible la prévision des débits et niveaux d'eau
  - Visualisation des alarmes/alertes hydrauliques (en fonction de seuils)
  - Accès aux données météorologiques et hydrologiques présentes et prévisionnelles
  - Accès au fonctionnement des ouvrages des acteurs/partenaires externes et aux données non liées à un ouvrage (par exemple station débit DREAL)
  - Alarme/alerte : voir commentaire supra
- Les éléments à visualiser pour **télégérer les ouvrages à distance** (au PCC ou via un outil embarqué) :
  - L'ensemble des éléments permettant la supervision
  - Interface permettant la modification des consignes à l'ouvrage
- Les éléments à visualiser pour **superviser la maintenance GH** :
  - Affichage des ouvrages faisant l'objet d'une alarme ou d'un défaut
  - Application d'un code visuel propre à chaque type de défaut (couleur, forme, etc.)

- Priorisation possible selon le type d'alarme remontée et l'heure de réception de l'alarme
- Interface permettant de signaler un défaut ou une alarme
- Gestion et suivi des interventions, possibilité d'acquitter certaines alarmes

Il est important de noter qu'une **interface adaptée devra être construite afin de répondre à ces besoins via l'outil de supervision & télégestion embarquées**.

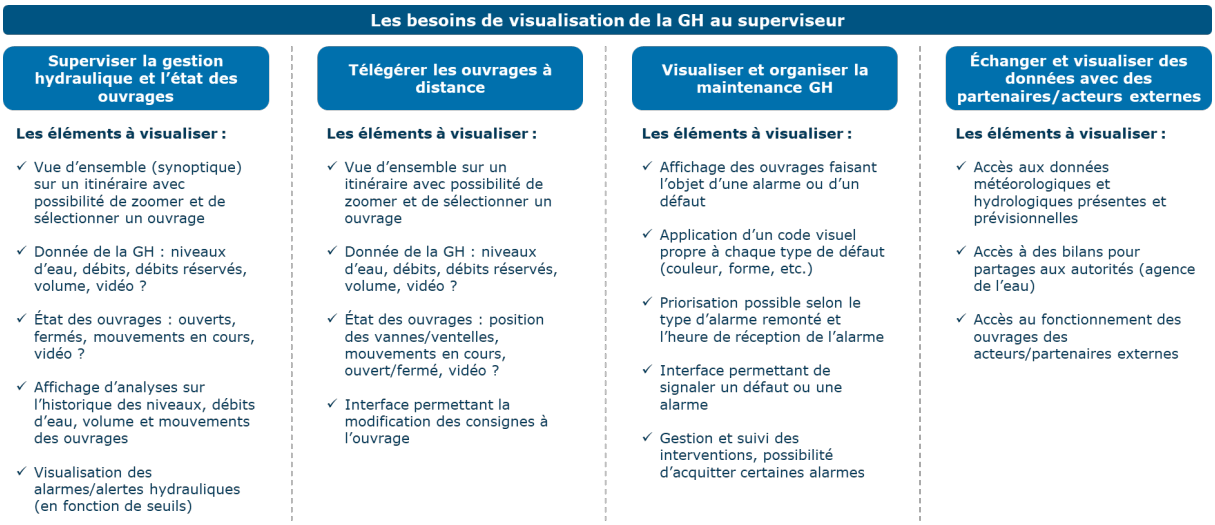


Figure 13 : Vue d'ensemble des éléments à visualiser via la supervision

L'instrumentation standard par typologie d'ouvrage et les critères de priorisation de la modernisation des ouvrages

Après avoir identifié les cas d'usages relatifs à chaque typologie d'ouvrage et les données nécessaires à leur mise en œuvre, le groupe de travail a pu définir **une instrumentation standard permettant de répondre à l'ensemble des besoins fonctionnels** décrits dans le paragraphe « Les besoins fonctionnels de la GH par typologie d'ouvrage ».

L'objectif est de définir une instrumentation standard qui permet de répondre à l'ensemble des besoins identifiés et qui prend en considération les contraintes liées au coût et à la maintenance du matériel. Les tableaux ci-dessous présentes les standards construits.

Type d'ouvrage	***Nature d'ouvrage***	***Instrumentation standard des ouvrages***	***Instrumentation spécifique à certains besoins***
Bief	Canaux	• 1 sonde de niveau en amont de l'écluse aval 1 sonde de niveau à l'aval l'écluse amont • 1 échelle limnimétrique par sonde de niveau	• Selon les biefs, 1 sonde de niveau par point stratégique • 1 sonde de hauteur sous les ponts si besoin (cas exceptionnel)
	Rivières canalisées	• 1 sonde de niveau en amont de l'écluse aval 1 sonde de niveau à l'aval l'écluse amont • 1 échelle limnimétrique par sonde de niveau	• Selon les biefs, 1 sonde de niveau par point stratégique • 1 sonde de hauteur sous les ponts si besoin (cas exceptionnel)
	Rigole d'alimentation	• 1 sonde de niveau (commune avec la prise d'eau, station de pompage, …) • 1 échelle limnimétrique par sonde de niveau	• Selon le site : débitmètre dans la rigole mais la géométrie de l'ouvrage ne le permet pas tout le temps

Figure 14 : Instrumentation standard des biefs

Type d'ouvrage	***Nature d'ouvrage***	***Instrumentation standard des ouvrages***	***Instrumentation spécifique à certains besoins***
Prise d'eau	Station de pompage relevage	• Sonde de niveau à l'amont de la station • Sonde de niveau à l'aval de la station (après le rejet) • Instrumentation permettant de connaitre l'état de la pompe (durée de fonctionnement, puissance consommée, nombre de pompes en fonctionnement) • Débitmètre • 1 capteur de position (% et cm) par bouchure associée à la station de pompage • 1 échelle limnimétrique par sonde de niveau	
	Prise d'eau gravitaire contrôlée	• 1 sonde de niveau en amont et 1 à l'aval aval de la prise d'eau • 1 capteur de position (% et cm) par bouchure • Instrumentation permettant de connaitre l'état de fonctionnement de l'ouvrage • 1 échelle limnimétrique par sonde de niveau	• Débitmètre (si possible pour mesurer le débit transitant, sinon calculé)
	Interception cours d'eau (non contrôlé, pas de seuil)	• 1 sonde de niveau (avec jaugeage et courbe de tarage) à l'amont du canal dans le cours d'eau • 1 échelle limnimétrique par sonde de niveau	• Débitmètre (selon la situation si pas possibilité de corrélation hauteur/débit)

Figure 15 : Instrumentation standards des prises d'eau

Type d'ouvrage	***Nature d'ouvrage***	***Instrumentation standard des ouvrages***	***Instrumentation spécifique à certains besoins***
Rejets d'eau	Bassin d'écrêtement de crue ou Polder	• 1 sonde de niveau à l'amont • 1 sonde de niveau à l'aval • 1 capteur de position par bouchure • 1 échelle limnimétrique par sonde de niveau	
	Évacuateur de crue	• 1 sonde de niveau à l'amont • 1 sonde de niveau à l'aval • 1 capteur de position par bouchure • 1 échelle limnimétrique par sonde de niveau	
	Déversoir latéral (seuil fixe)	• 1 sonde de niveau amont • 1 échelle limnimétrique par sonde de niveau	• Sonde de niveau à l'aval (pour crue)
	Epanchoir (avec vanne)	• 1 sonde de niveau à l'amont • 1 sonde de niveau à l'aval • 1 capteur de position par bouchure • 1 échelle limnimétrique par sonde de niveau	
	Siphon sous canal	• 1 sonde niveau à l'amont de la grille • 1 sonde de niveau à l'aval du siphon • 1 échelle limnimétrique par sonde de niveau	• 1 sonde de niveau à l'aval de la grille
	Siphon évacuateur réservoir	• 1 sonde niveau à l'amont de la grille • 1 sonde de niveau à l'aval du siphon • 1 échelle limnimétrique par sonde de niveau	

Figure 16 : Instrumentation standard des rejets d'eau

Type d'ouvrage	***Nature d'ouvrage***	***Instrumentation standard des ouvrages***	***Instrumentation spécifique à certains besoins***
Barrage	Barrage fixe	• 1 sonde de niveau amont • 1 échelle limnimétrique par sonde de niveau	• Sonde de niveau aval (en cas de crue)
	Barrage mixte	• 1 sonde de niveau amont • 1 sonde de niveau aval • 1 échelle limnimétrique par sonde de niveau • 1 capteur de position par bouchure	
	Barrage mobile	• 1 sonde de niveau amont • 1 sonde de niveau aval • 1 échelle limnimétrique par sonde de niveau • 1 capteur de position par bouchure	
	Barrage réservoir (structure) hors vannages, prises d'eau, etc.	• 1 sonde de niveau en amont du bassin réservoir • 1 sonde de niveau dans la rigole aval • 1 échelle limnimétrique par sonde de niveau • 1 capteur de position par bouchure • 1 capteur de pluviométrie • 1 sonde de niveau par cours d'eau entrant (si possible)	

Figure 17 : Instrumentation standard des barrages

Type d'ouvrage	***Nature d'ouvrage***	***Instrumentation standard des ouvrages***	***Instrumentation spécifique à certains besoins***
Écluse	Ouvrage global	• 1 sonde de niveau à l'amont de l'écluse • 1 sonde de niveau à l'aval de l'écluse • 1 échelle limnimétrique par sonde de niveau • 1 capteur de position des ventelles	• 1 sonde de niveau du sas (selon les sas, essentiellement dans le GG)
	Bassin d'épargne + Station de recyclage de l'eau	• 1 capteur de position de la vanne	• 1 sonde de niveau du bassin d'épargne (selon le type de bassin)
	Rigole de contournement d'écluse	• Idem prise d'eau	

Figure 18 : Instrumentation standard des écluses

Type d'ouvrage	***Nature d'ouvrage***	***Instrumentation standard des ouvrages***	***Instrumentation spécifique à certains besoins***
Ouvrages d'isolement	Porte de garde	• 1 sonde de niveau en amont et 1 sonde de niveau en aval de l'ouvrage • 1 échelle limnimétrique par sonde de niveau • 1 capteur de position pour la porte (ouvert/fermé, en % d'ouverture si possible)	
	Ecluse de garde		
	Vannage d'isolement/bateau porte		
Passe à poissons	Passe à poissons	• 1 sonde de niveau en amont et 1 sonde de niveau en aval • 1 échelle limnimétrique par sonde de niveau • 1 capteur de position des organes • 1 sonde de niveau dans le dernier bassin	
Microcentrale	Microcentrale (non VNF)	• Pas d'instrumentation VNF	

Figure 19 : Instrumentation standard d'autres types d'ouvrage

Le **recours à la vidéo n'est pas indispensable à la télégestion des ouvrages**. La vidéo pourra toutefois être utilisée dans certains cas spécifiques sur la base de diagnostic d'enjeux (lorsque présence de risques liés à la sécurité des infrastructures ou des riverains ou pour de la maintenance de premier niveau par exemple pour les aqueducs ou les déversoirs).

Comme expliqué dans le paragraphe « Enjeux et situation actuelle de la GH », un grand nombre d'ouvrages devront être modernisés dans les 10 prochaines années et l'instrumentation est une des étapes clés de cette modernisation. Des recommandations concernant la priorisation de l'instrumentation des ouvrages ont été formulés dans **le guide de l'instrumentation** :
La première étape à suivre est d'analyser le fonctionnement hydraulique global du réseau afin de prioriser les sites à instrumenter en fonction :

- des enjeux de respect du débit réservé, et du règlement d'eau des ouvrages ou des biefs
- des risques de conflits d'usage,
- des enjeux de connaissance des prélèvements,
- des besoins d'optimisation de la gestion de l'eau…

Remarque : Si la connaissance globale du réseau est insuffisante pour analyser ces enjeux, il peut être nécessaire de passer par une phase d'étude : reconnaissance du terrain et recensement des ouvrages et de leur rôle (fonctionnement du réseau hydrographique du secteur, fonctionnement hydrologique de la rivière, surface de bassin versant …).

Pour mener à bien cette première étape, il est également important de se rapprocher des différents partenaires du territoire, qui peuvent jouer différents rôles autour du projet :

- Agences de l'Eau : échanges de données, appui technique, co-financement ;
- Région : échanges de données, co-financement ;
- DREAL, syndicats de gestion de rivières : échanges de données, appui technique, enjeu d'homogénéisation du réseau de mesures ;
- Autres partenaires locaux : concertation.

Lorsque le choix des sites à instrumenter est réalisé, il est nécessaire de se positionner sur l'organisation de la démarche : il est possible de prévoir d'instrumenter par lots ou par tranches, ou bien de réaliser un marché à bons de commande.

Le groupe de travail a complété ce travail en définissant des **critères de priorisation** qui concernent la mise à la cible des ouvrages. Les critères identifiés sont les suivants :

- La sécurité et la responsabilité des opérateurs lors des manipulations de l'ouvrage
- La dangerosité de l'ouvrage et la pénibilité pour le personnel
- La fréquence d'utilisation de l'ouvrage
- L'importance de l'ouvrage pour la GH (enjeux en termes de GH)
- La facilité de modernisation (isolement de l'ouvrage, état général) selon la configuration, l'état de l'ouvrage (mise en œuvre et coût)
- Les gains apportés par la modernisation de l'ouvrage
- La réglementation propre à chaque ouvrage

Ces critères devront être appliqués lors de l'identification des ouvrages à moderniser en priorité.

Section 2 : Les données de GH

Les typologies de donnée GH et les unités standards de stockage de la donnée

Les formes de la donnée GH

Afin de définir des standards relatifs à la donnée de GH, le groupe a identifié et défini plusieurs types de donnée. L'objectif était d'avoir un vocabulaire partagé et connu de tous. Six formes de données GH ont été identifiées lors de l'atelier :

- **Données mesurées** : Données acquises par les capteurs incluant les données ouvrages (ex : position de vanne)
- **Données calculées** : Données calculées, à partir des données mesurées, par des automates ou des outils de traitement de la donnée à l'aide de formules et d'abaques (données de référence)
- **Données manuelles** : Données mesurées manuellement et remontées par les agents de terrain (lecture d'échelle limnimétrique, …)
- **Données images** : Données vidéo (ex : vidéo d'ouvrage ou vidéo d'échelle limnimétrique)
- **Données de référence** : Données fixes, évolutives ou issues de modélisation servant de base de comparaison (seuils mini et maxi) et de calcul (abaques, formules)
- **Données externes** : Données provenant de sources externes à VNF : météo, opérateurs de voies navigables, autres opérateurs et utilisateurs

Les données relatives à la maintenance (état du système, disponibilité (opérationnelles ou non) des bouchures, …) ou à la gestion du trafic (arrêt de navigation, position des bateaux, …) ne sont pas des données de GH. Néanmoins, **l'interfaçage entre l'opérateur GH et les données de maintenance et de gestion du trafic est clé** pour assurer la réalisation des missions de GH.

Formes de données	***Description***
Données mesurées	Données acquises par les capteurs incluant les données ouvrages (ex : position de vanne)
Données calculées	Données calculées, à partir des données mesurées, par des automates ou des outils de traitement de la donnée à l'aide de formules et d'abaques (données de référence)
Données manuelles	Données mesurées manuellement et remontées par les agents de terrain (échelle limnimétrique, …)
Données images	Données vidéo (ex : vidéo d'ouvrage ou vidéo d'échelle limnimétrique)
Données de référence	Données fixes, évolutives ou issues de modélisation servant de base de comparaison (seuils mini et maxi) et de calcul (abaques, formules)
Données externes	Données provenant de sources externes à VNF : météo, opérateurs de voies navigables, autres opérateurs et utilisateurs
Données non-GH (incl. maintenance) *	Données ne relevant pas du périmètre de la GH : état du système, disponibilité des bouchures, arrêt de navigation

Figure 20 : Définition des différentes formes de la donnée GH

Les unités standards de stockage de la donnée GH

Cette section définit des unités standards de stockage de la donnée GH qui sont nécessaires à l'exploitation (requêtes, comparaison, …) et la valorisation des données au niveau de l'outil d'hypervision. En revanche, les unités de visualisation de la donnée au niveau de l'outil de supervision ne sont pas standardisées, il sera possible pour les utilisateurs de choisir les unités d'affichage de la donnée selon les besoins et situations (par exemple une hauteur d'eau en cm ou m). Les unités standards de stockage de la donnée n'ont donc aucun impact sur l'exploitation ultérieure des données.

Le format Sandre est le format standard de stockage de la donnée pour les données concernées, d'autres unités standards de stockage de la donnée ont été définies pour les données non-concernées par le format Sandre :

- Hauteur d'eau / Mouillage : mm
- Cote d'eau : m NGF (IGN69)
- Vitesse d'écoulement : m/s
- Débit : l/s
- Position de vanne ou ouverture de clapet : mm ou %
- Hauteur libre : mm

Forme de la donnée	*Types de la donnée*	*Revue des unités standards*
Données mesurées	Hauteur d'eau / Mouillage (bief)	mm
	Hauteur d'eau / Mouillage (barrage)	mm
	Hauteur libre (sous un pont)	mm
	Cote d'eau	m NGF (IGN69)
	Vitesse d'écoulement	m/s
	Débit cours d'eau	l/s
	Débit de pompage	l/s
	Débit rigole	l/s
	Données milieu : qualité des eaux (pH, temp., etc)	Selon la donnée
	Position de vanne	mm d'ouverture et % d'ouverture
	Ouverture de clapet (course du vérin)	mm d'ouverture et % d'ouverture
	Cote du dernier bassin (passe à poisson)	m NGF (IGN69)
	Débit passe à poisson	l/s
	Débit microcentrale	l/s
	Précipitations	mm
Données calculées	Cote	m NGF (IGN69)
	Nombre de bassinée (première bassinet/par jour/par mois)	Nombre
	Volume d'eau (incl. seuil de volume)	m^3
	Volume d'eau barrage réservoir	m^3
	Débit (incl. évaporation et fuite)	l/s
	Cumul précipitations	mm
	Débit cumulé	m^3
	Indicateur de performance/alerte	

Figure 21 : Unités standards de stockage de la donnée (1/2)

Forme de la donnée	*Type de la donnée*	*Revue des unités standards de stockage*
Données manuelles	Hauteur d'eau avec échelle	mm
	Cote	m NGF (IGN69)
	Débit	l/s
	Nombre d'aiguilles	Nombre ou % de fermeture
	Nombre de réhausses	Nombre ou %
Données images	Image de l'ouvrage ou d'une échelle (données vidéos)	N/A
Données de référence	Seuil de débit (débit réservé et débit maximum)	l/s
	Seuil de volume	m^3
	Données bathymétriques	m NGF (IGN69)
	Seuil d'hauteur d'eau (cote retenue normale)	mm
	Seuil d'hauteur libre	mm
	Cote de l'intra d'eau du pont	m NGF (IGN 69)
	Abaques et formules de calcul	Selon la formule
Données externes	Données ouvrages tiers (débit)	l/s
	Données météo : pluviométrie	mm
	Données d'autres opérateurs de voies navigables	l/s pour les débits mm pour les hauteurs m NGF pour les cotes
	Données d'autres opérateurs ou utilisateurs (prélèvements agricoles et eau potable, positions d'ouvrages, …)	l/s pour les débits mm pour les hauteurs m NGF pour les cotes
Données non-GH	État du système GH (capteurs, automates, SCADA, réseau, …)	N/A
	Disponibilité des bouchures	N/A

Figure 22 : Unités standards de stockage de la donnée (2/2)

Le cheminement standard de la donnée (depuis le capteur jusqu'à l'outil d'hypervision)

Comme indiqué dans le paragraphe « Enjeux et situation actuelle de la GH », la fiabilité et la disponibilité de la donnée est un incontournable de la modernisation de la GH. Pour se faire, le réseau de communication doit assurer un niveau de disponibilité de la donnée le plus important possible (la fiabilité du réseau de communication est un sujet clef de la modernisation).

Un cheminement standard des données de GH du capteur jusqu'à l'outil d'hypervision (en passant par l'outil de supervision en PCC) est présenté dans le paragraphe ci-dessous. Ce cheminement standard de la donnée découle de l'architecture informatique industrielle cible définie précédemment.

La figure 20 (voir ci-dessous) illustre le cheminement standard de la donnée décrit après :

- Les données mesurées par des capteurs transitent vers des automates via une boucle de courant, une liaison série ou la fibre ou directement vers l'outil de contrôle/commande/supervision (OCCS) à l'aide d'une passerelle. Les automates traitent ensuite la donnée avant de la faire parvenir à l'OCCS itinéraire via la fibre (ou autres modes de communication : GSM, LoRA, …). Les outils de contrôle/commande/supervision de plusieurs itinéraires transmettent les données à un outil d'hypervision permettant l'analyse de ces données recoupées avec des données provenant d'acteurs/sources externes. Certains capteurs (non-essentiels pour la GH), type sondes SIF, remontent la donnée directement à l'outil d'hypervision.
- Dans certains cas spécifiques de GH, des vidéos acquises par des caméras remontent à des serveurs vidéo situés au PCC. L'OCCS itinéraire permet la visualisation de vidéos lorsque nécessaire en interrogeant le serveur vidéo.
- En mode local/alternatif/dégradé (en cas de maintenance préventive ou de panne au PCC), les exploitants VNF ont la possibilité de commander et superviser localement les ouvrages via un OCCS ouvrage. Les exploitants VNF ont aussi accès aux données consolidées dans l'outil d'hypervision et peuvent transmettre des données en direction de cet outil.
- L'opérateur GH au PCC peut superviser et télégérer à distance les ouvrages d'un itinéraire via l'OCCS itinéraire. Il peut aussi avoir accès aux données consolidées dans l'outil d'hypervision.

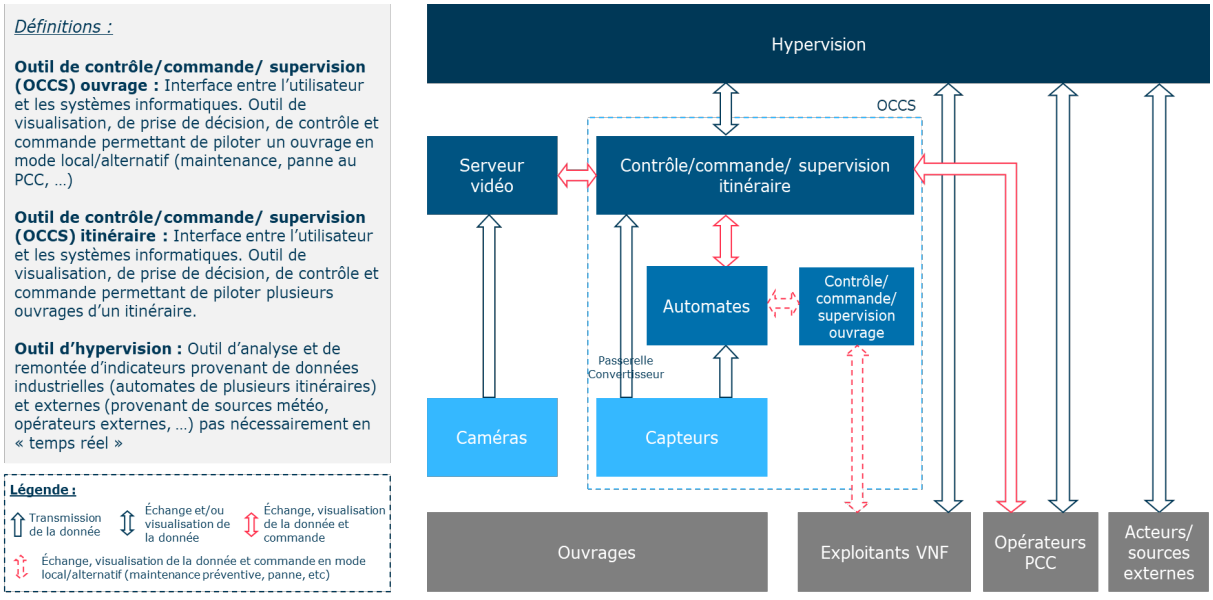


Figure 23 : Cheminement standard des données de GH

L'horodatage de la donnée et les fréquences relatives à la donnée de GH

L'horodatage des données de GH

L'horodatage permet d'afficher les données selon un référentiel temporel commun et de faire des corrélations entre des jeux de données distincts. Le groupe de travail a défini comment et où devait être horodatée la donnée. Le principe directeur étant que la donnée doit être horodatée au plus proche de sa source :

- Si **réseau propriétaire sécurisé** (fibré) : les données sont horodatées au niveau de la supervision (au PCC via le serveur contrôle/commande ou via un autre outil : agrégateur, etc) avant d'être affichée via l'interface homme machine
- Si **réseau non-propriétaire** (LoRA, GSM) : l'horodatage est fait au plus proche de la source (de la mesure) via les automates (si possible, selon le type d'automates) ou au niveau de la supervision (au PCC). Les données sont horodatées à l'aide de la synchronisation des automates opérée via le serveur NTP (horloge commune)

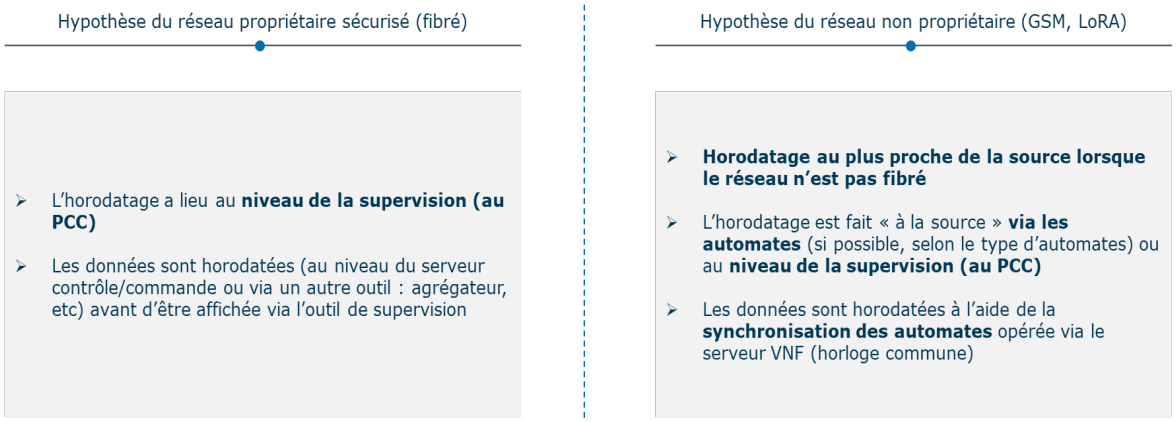


Figure 24 : Horodatage des données de GH selon le type de réseau

Les besoins concernant les fréquences relatives à la donnée GH

Afin de définir les fréquences standards permettant de répondre aux besoins de la GH, le groupe a identifié 4 types de fréquences différentes :

Types de fréquences	***Définition***
Fréquence de mesure	Fréquence à laquelle est acquise la donnée par le capteur (ex : toutes les minutes, en continu, …)
Fréquence d'émission et de rafraîchissement	Fréquence à laquelle la donnée est renouvelée et affichée à l'opérateur dans l'outil de supervision.
Intervalle de stockage	Intervalle de temps entre le stockage de deux valeurs successives de la même donnée (égal à la fréquence de mesure sauf dans le cas de capteurs qui émettent en continu).
Fréquence d'archivage	Fréquence à laquelle la donnée est remontée au national pour stockage et prise en compte dans l'outil d'hypervision.

Figure 25 : Définition des différents types de fréquences relatives aux données de GH

Les fréquences relatives aux données de GH permettant de répondre aux besoins ont été définies selon le type de réseau et le type d'alimentation et sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Type de réseau	**Pas de connexion au réseau**	**Réseau non-propriétaire avec horodatage (GSM par appel, LoRA)**		**Réseau non-propriétaire sans horodatage (GSM via modem 4G)**	**Réseau propriétaire maîtrisé (fibre)**
Type d'acquisition (alimentation)	**Manuel**	**Instrumenté (batterie)**	**Instrumenté (réseau électrique)**	**Instrumenté (réseau électrique)**	**Instrumenté (réseau électrique)**
Fréquence de mesure	1 à 2 fois / jour (lors des manœuvres)	Selon les cas	Mesure continue	Mesure continue	Mesure continue
Fréquence d'émission et de rafraichissement	1 à 2 fois / jour (lors des manœuvres)	Selon les cas	**Par lot** Toutes les 5 min	Temps réel (*)	Temps réel (*)
Intervalle de stockage	1 à 2 fois / jour (lors des manœuvres)	Égal à la fréquence de mesure	1 min (**)	1 min (**)	1 min (**)
Fréquence d'archivage	1 min				

Les envois de données par lot se font par souci d'économie de batterie et de connexion.
* Dans la limite de ce qui est lisible et utile pour l'opérateur
** 1 valeur par minute obtenue par moyenne ou échantillonnage, à définir par donnée

Figure 26 : Valeurs des fréquences de mesure, d'émission, d'archivage et d'intervalle de stockage standards

Plusieurs besoins et critères ont amené au choix des fréquences affichées ci-dessus :

- Les capteurs alimentés via un réseau électrique acquièrent de la donnée de façon continue, la fréquence de mesure est donc continue. Pour les capteurs alimentés par une batterie la fréquence de mesure n'est pas continue afin d'optimiser la durée de vie de la batterie et est dépendante des situations.
- Le besoin de l'opérateur est d'avoir accès à la donnée la plus récente possible. La donnée doit donc être rafraichie dès lors qu'elle est disponible.
    - Dans le cas d'un réseau propriétaire maîtrisé (fibre) ou d'un réseau non-propriétaire sans horodatage (GSM via modem 4G) la donnée doit être rafraîchie en temps réel et être affichée à l'opérateur dès qu'elle est disponible dans la limite de ce qui est lisible et utile pour l'opérateur.
    - Dans le cas d'un réseau non-propriétaire avec horodatage (GSM par appel, LoRA) la donnée est rafraichie par lot, toutes les 5 minutes. En effet ce type de réseau ne permet pas un rafraichissement en temps réel.
- L'archivage des données GH ne soulève pas de problématique liée aux coûts ou au volume de données. En effet : 1 donnée d'un capteur = quelques octets → *1000 ouvrages = quelques kilo octets → * 1000 capteurs = quelques mega octets → toutes les 5 mins pendant 1 journée = quelques giga octets → * 365 jours = 1000 giga octets. Or l'ordre de grandeur pour le stockage froid dans une base de données nationale est de plusieurs peta octets (1 peta octets = 1 million de giga octets). L'archivage d'un grand nombre de données (big data) permettrait la construction de modèles prédictifs et la découverte de nouvelles corrélations valorisant la donnée mise à disposition (ou vendu) à des acteurs externes. Afin de répondre à ce besoin, l'intervalle standard de stockage défini est de 1 min et la fréquence d'archivage a elle aussi été fixée à 1 min.
- A contrario des données provenant de capteurs GH, les données vidéo soulèvent des problématiques de volumétrie. Il reste donc à débattre, en cas d'utilisation de vidéo GH, de la nécessité d'archiver les images.

La fiabilisation de la donnée de GH

La chaine de responsabilité de la donnée

Afin d'assurer la fiabilité des données, une chaine de responsabilité de la donnée et les responsables de chaque maillon de la chaine doivent être définis. Cinq grands éléments constituent la chaine de responsabilité de la donnée :

1. **Responsabilité métier/exploitant** : cela consiste à définir quelle donnée est acquise, pour quelle utilisation et pour quel utilisateur. C'est le rôle du métier au niveau des directions territoriales et de la DIEE au niveau du siège.
2. **Définition de la donnée** : il s'agit de qualifier la donnée en définissant le type de donnée, le format de la donnée, les unités de la donnée et les normes qui l'encadrent (contraintes légales ou administratives). Cette définition de la donnée est sous la responsabilité de la DIEE.
3. **Intégrité des données** : ce maillon de la chaine de responsabilité de la donnée a pour objectif d'assurer la disponibilité, l'intégrité, la confidentialité et la traçabilité de la donnée. Il est la responsabilité de la DSIN et des cellules informatiques en DT
4. **Responsabilité technique** : la DSIN et les cellules sont responsables de l'ensemble des aspects techniques relatifs aux logiciels, aux infrastructures (informatiques) et à la gestion du parc de capteurs et machines
5. **Installation et maintenance** : l'installation, la pose, l'étalonnage du matériel (capteurs, matériel audio et vidéo, etc) ainsi que la maintenance de ce matériel et des ouvrages est la responsabilité des directions territoriales et des acteurs de la maintenance.

La fiabilisation est la responsabilité de l'ensemble de ces acteurs et est transverse à l'ensemble de ces maillons de la chaine de responsabilité. Néanmoins, un processus clair de fiabilisation de la donnée et les acteurs de ce processus doivent être définis, c'est l'objet du paragraphe suivant.

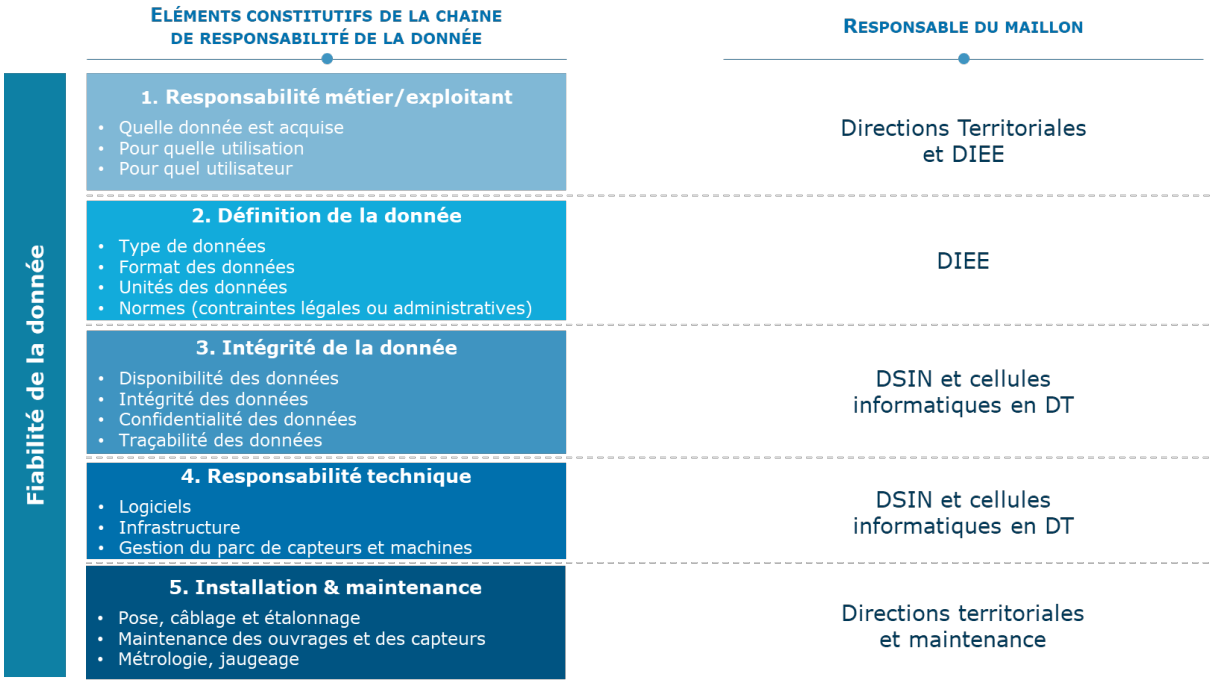


Figure 27 : La chaine de responsabilité de la donnée

Le processus de fiabilisation de la donnée

Dans la vision cible, l'exploitation et la valorisation de la donnée seront au cœur de la gestion hydraulique. Afin d'avoir une meilleure connaissance de la gestion hydraulique et des ouvrages hydrauliques, les acteurs de VNF doivent avoir accès à des données fiables. Pour cela un processus de fiabilisation (similaire à celui d'autres acteurs tel que la DREAL) a été construit.

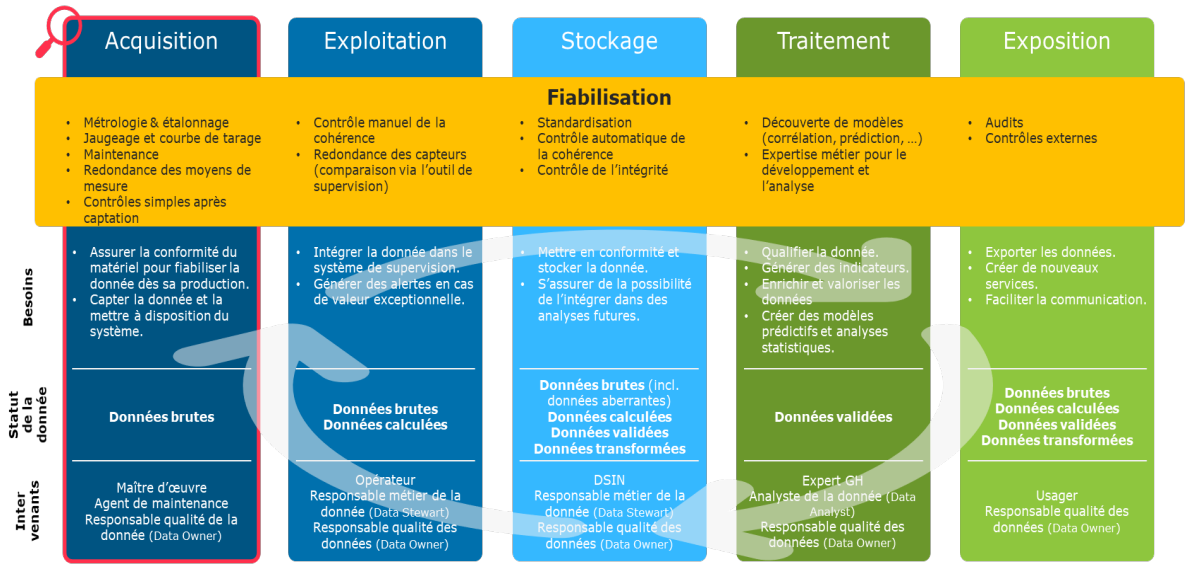


Figure 28 : Processus de fiabilisation de la donnée

Pour chacune des 5 étapes de la vie de la donnée que sont l'acquisition, l'exploitation, le stockage, le traitement et l'exposition, les besoins, le statut de la donnée, les moyens de fiabiliser la donnée et les intervenants ont été définis (voir figure 25 ci-dessus).

La communication entre les différents acteurs de la fiabilisation est clef pour s'assurer de sa réussite. En outre, c'est parfois lors du traitement de la donnée que des erreurs ayant eu lieu lors de l'acquisition sont constatées. Il faut donc être capable de remonter la chaine de fiabilisation pour corriger les dysfonctionnements qui sont à la source de ces erreurs.

L'acquisition de la donnée est l'étape clef de la fiabilisation de la donnée. La fiabilisation de la donnée dès son acquisition **requière des compétences et des ressources humaines importantes** et peut être assurées à l'aide de plusieurs process :

- La **métrologie** et l'**étalonnage**
  - Métrologie : méthodes permettant de garantir et maintenir la confiance envers les mesures réalisées par les capteurs
  - Étalonnage : Processus consistant à régler les paramètres d'un capteur afin qu'il mesure correctement la variable voulue
- Le **jaugeage** et les **courbes de tarage**
  - Jaugeage : Contrôle à l'aide d'une jauge de la mesure réalisée par un capteur. Il s'agit aussi d'une mesure ponctuelle de débit effectuée dans le but de paramétrer et de vérifier un calcul de débit.
  - Courbe de tarage : Courbe permettant d'estimer à un instant donné et pour une section donnée le débit d'un cours d'eau à partir d'un niveau d'eau
- La **maintenance** est cœur du processus de fiabilisation de la donnée. Pour cela, les mainteneurs doivent être en lien direct avec l'ensemble des personnes en charge de la fiabilisation. En outre, l'accès à l'historique des interventions de maintenance par les responsables de la fiabilisation est indispensable.

Quatre types de maintenance ont été identifiées lors de l'atelier :

- Maintenance palliative : intervient lorsqu'un problème important ou bloquant, a été identifié. Ici, l'objectif est de réparer provisoirement le défaut afin de rétablir l'utilisation du matériel avant une maintenance corrective ou une maintenance préventive.
- Maintenance corrective ou curative : a pour but la réparation complète de l'installation (ou de la machine) à la suite d'identification du problème sans perturbation du process ou de l'utilisation du système rattaché à cette machine.
- Maintenance préventive : est un type de maintenance industrielle effectuée par les techniciens en amont de la survenue d'une panne ou d'un dysfonctionnement sur un équipement, un composant ou encore une pièce détachée. Elle joue à ce titre un rôle protecteur, en cela qu'elle participe activement à la continuité de la production, par exemple en procédant à des vérifications et de entretiens réguliers.
- Maintenance prédictive : consiste à anticiper les défaillances à venir sur un équipement, un objet, un système, etc. en allant au-devant d'une panne ou d'un dysfonctionnement grâce au cumul d'un ensemble de données.

L'acquisition de la donnée doit permettre d'assurer la fiabilité de la donnée dès sa production et la mettre à disposition du système.

Concernant la stratégie de maintenance des outils d'instrumentation, un travail intitulé « Stratégie entretien / maintenance de l'instrumentation » a été réalisé. Ce travail devra être utilisé pour définir des PMP (plan de maintenance préventive).

L'**exploitation de la donnée** permet d'intégrer la donnée dans le système de supervision et de générer des alertes en cas de valeurs exceptionnelles. Pour cela deux moyens de fiabilisation sont possibles :

- Le contrôle manuel de la cohérence : l'opérateur, via l'outil de supervision, pourra avoir accès aux données en temps réel et notifier puis signifier la présence de valeurs qui lui semblent aberrantes.
- Redondance des capteurs (comparaison via l'outil d'hypervision) : comme décrit précédemment, la redondance de certains capteurs (données utilisées pour l'asservissement) doit être standard. L'opérateur pourra donc comparer, dans certaines situations, deux valeurs remontées par le capteur maitre et esclave afin de s'assurer de la cohérence de la mesure qui est faite.

Le **stockage de la donnée** doit permettre de mettre en conformité la donnée avant son stockage et de s'assurer de la possibilité de l'intégrer dans des analyses futures. Pour cela les moyens de la fiabilisation sont :

- La standardisation : standardisation concernant les métadonnées (informations concernant la donnée) que sont le type, le format, les unités et les normes relatives à la donnée.
- Contrôle automatique de la cohérence : mis en place de logiciels permettant un contrôle automatique (basé sur de l'intelligence artificiel) de la donnée
- Contrôle de l'intégrité de la donnée : vérification de la crédibilité des données et validation des erreurs lorsqu'elles apparaissent afin d'en avoir une traçabilité

Le **traitement de la donnée** est l'étape de la vie de la donnée qui permet sa valorisation, sa transformation. Elle permet en effet de répondre à 4 besoins clef : qualifier la donnée, générer des indicateurs, enrichir & valoriser les données et créer des modèles prédictifs.
Le traitement de la donnée, à l'aide d'une importante volumétrie, permet la mise en place de modèles (corrélation, prédiction, …) et d'analyses statistiques. Il repose sur l'expertise métier qui est responsable de l'analyse des données et de la mise en œuvre de modèles. Comme indiqué précédemment, cette étape de la fiabilisation de la donnée requiert des compétences et moyens humains importants.

Enfin, l'**exposition de la donnée** correspond au partage de la donnée avec l'ensemble de partenaires externes. La donnée partagée lors de cette étape peut être sous toutes les formes existantes :

- **Données brutes** : données acquises par les capteurs ou remontées par l'exploitant sans aucune transformation ou validation
- **Données calculées** : données résultant de calculs réalisés à l'aide de formules, d'abaques, de modèles numériques mais n'ayant pas fait l'objet de transformation ou validation
- **Données validées** : ensemble des données ayant fait l'objet de contrôles qui permettent d'assurer leur fiabilité et leur intégrité
- **Données transformées** : données résultant de la mise en œuvre de modèles (corrélation, prédiction, …)

Lors de l'exposition de la donnée, sa fiabilité peut être contrôlée au travers de 2 moyens que sont le recours à des audits et le contrôle de la part de partenaires externes lors du partage de données.
Il est important de noter la notion de responsabilité lors de la communication de données à des partenaires externes. En effet, selon l'usage qui est fait de la donnée par les partenaires externes, la responsabilité de VNF pourrait être mise en cause.

La fiabilisation de la donnée requiert des compétences, des moyens humains et des outils qui entraineront une transformation et l'apparition de nouveaux métiers chez VNF :

- *Data Officer* : Responsable transverse de la politique de données
- *Data Owner* : Responsable du contenu et de la qualité des données (met en place les protocoles de suivi, la standardisation, il définit les règles)
- *Data Stewart* : Relais entre le métier et la DSIN (permet le développement d'outils adaptés aux métiers, il écrit des spécifications fonctionnels)
- *Data Analyst* : Valorise les données (expert en analyse de la donnée, il s'appuie sur le data stewart pour mettre en place des outils adaptés aux besoins métiers)

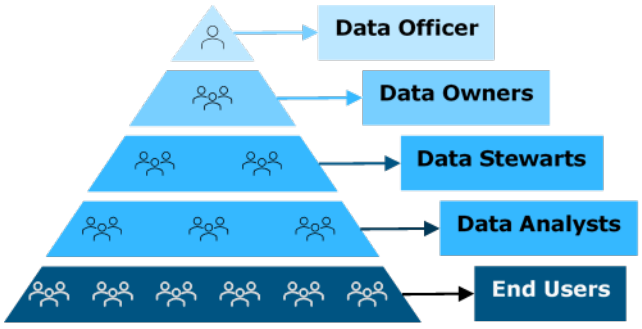


Figure 29 : Les nouveaux rôles autour de la donnée

Les références bibliographiques de la gestion hydraulique

Les standards présentés dans ce document ont été construits à l'aide des références bibliographiques existants.

Pour les formules de calcul de gestion hydraulique qui permettent d'obtenir des données calculées (le plus souvent des débits) à l'aide de données mesurées (le plus souvent des niveaux d'eau) la référence est le « **Contrôle des débits réglementaires** » par l'ONEMA (Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques). Les deux figures ci-dessous illustrent les lois hydrauliques qu'il est possible de retrouver dans le document.



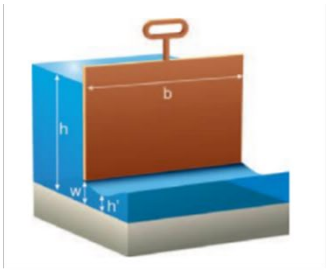
La **loi hydraulique générale pour un dispositif passif** par lequel le débit doit être calculé se présente sous la forme $Q = F\,(Zm, Zc, b, C, g)$

Avec :
- Q le débit (en m³/s),
- Zm la cote du niveau d'eau dans le bief en amont du dispositif (en m),
- Zc la cote moyenne de la crête du dispositif (en m),
- b la largeur du dispositif (en m),
- C le coefficient de débit à ajuster par des jaugeages de contrôle,
- g = 9,81 la constante de gravitation (en m.s-2)
- $h = Zm - Zc$ la charge en amont

Par exemple, pour les déversoirs à parois épaisses et déversoirs xx le débit est donné par la formule suivante :

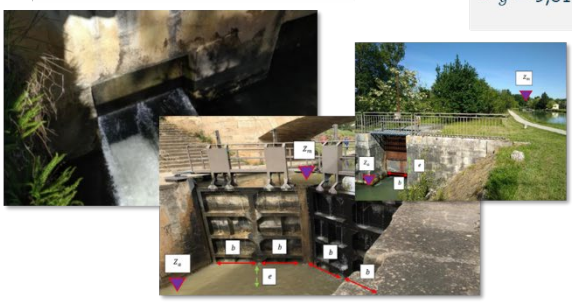
$$Q = Cb(Zm - Zc)\sqrt{2g(Zm - Zc)} = Cbh\sqrt{2gh}$$

Figure 30 : Loi hydraulique pour un dispositif en surverse ou déversement (régime dénoyé)



La **loi hydraulique générale pour un dispositif réglable** par lequel le débit doit être calculé se présente sous la forme $Q = F(Zm, Za, Zr, b, e, C, g)$

Avec :
- Q le débit (en m³/s),
- Zm la cote du niveau d'eau dans le bief en amont du dispositif (en m),
- Za la cote du niveau d'eau dans le bief en aval du dispositif (en m),
- Zr la cote moyenne du radier du dispositif (en m),
- b la largeur du dispositif (en m),
- e la hauteur d'ouverture du dispositif (en m),
- C le coefficient de débit à ajuster par des jaugeages de contrôle,
- g = 9,81 la constante de gravitation (en m.s-2)



Par exemple, pour les vantelles des portes d'écluse et les vannes de fond :

$$Q = Cbe\sqrt{2gh} \text{ avec } h = Zm - max(Zr + \frac{e}{2}, Za)$$

Figure 31 : Loi hydraulique pour un dispositif en sousverse (régime dénoyé)

Concernant l'instrumentation des ouvrages deux références ont été identifiées :

- Le **catalogue de l'instrumentation** : il présente une liste de capteurs, leurs caractéristiques, leurs avantages et inconvénients, des instructions concernant l'installation, l'entretien et l'étalonnage. Il met aussi en avant des retours d'expérience de VNF concernant les différents modèles de capteur.
- Le **guide de l'instrumentation** : il fournit des recommandations concernant les différentes étapes d'un projet d'instrumentation (EP, AVP, PRO, DEC, DET, entretien des sites et maintenance des équipements de mesures)

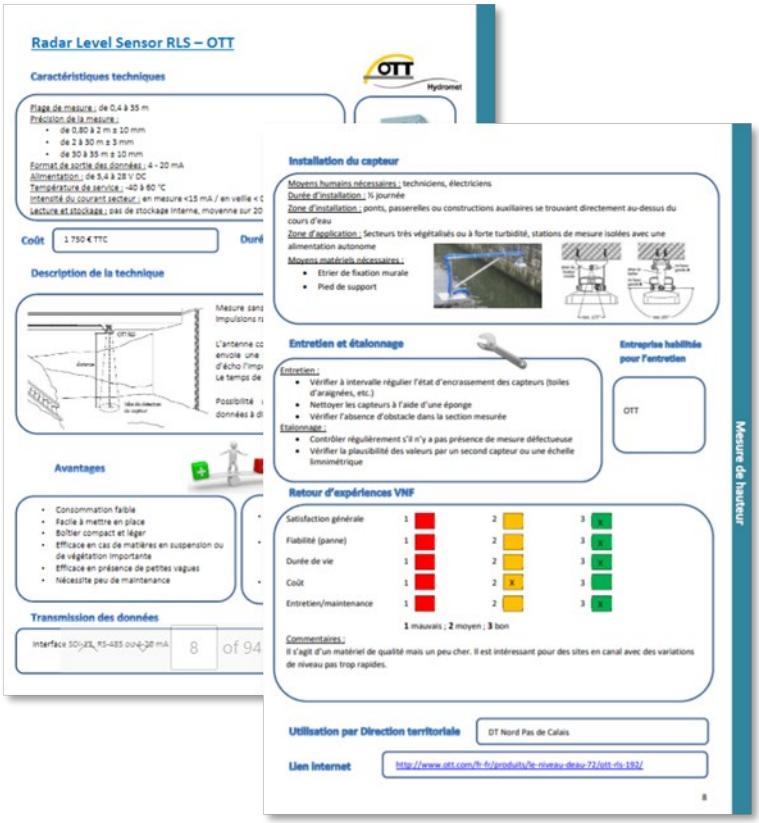


Figure 32 : Illustration du catalogue de l'instrumentation

Enfin, la **charte de qualité de l'hydrométrie** est une source d'informations concernant :

- La compréhension des enjeux et identifier les défis de l'hydrométrie
- Les bases théoriques de l'hydrométrie
- Les choix et instrumentation du site de mesure
- Le jaugeage
- Les courbes de tarage
- Le traitement des données
- La reconstitution des données hydrométriques post-crue
- La prévention des risques professionnels et formation en hydrométrie
- Les normes en hydrométrie



Figure 33 : Illustrations de la charte qualité de l'hydrométrie

Tableau récapitulatif du standard GH et des points à approfondir

Thématiques	La documentation et les standards validés	Les sujets à valider ou à l'origine de débats	Les sujets à approfondir lors des prochains ateliers
Vision cible de la GH	• Une vision cible de la GH et ses principes ont été définis • L'architecture informatique industrielle cible a été définie et validée	• La télégestion embarquée (modification de consignes en dehors des PCC) reste à valider par l'établissement • Les durées de stockage tampon aux PCC reste à définir	• Le suivi de la qualité de l'eau n'a pas été abordé durant l'atelier • Le réseau de communication n'a pas été abordé par le groupe
Les besoins métiers/fonctionnels de le GH	• Une cartographie des cas d'usage de GH par typologie d'ouvrage a été réalisée • Les besoins fonctionnels/métiers locaux/ PCC/ingénierie de la GH ont été identifiés	• Les besoins locaux (terrain) ainsi que le rôle des acteurs locaux dans la vision cible à 10 ans restent complexes à définir	
Les fonctionnalités GH au PCC	• Les besoins en termes de visualisation pour l'opérateur GH au PCC ont été définis • Les fonctionnalités auxquelles a accès l'opérateur GH au PCC ont été définies	• Le fonctionnement de la GH est différent selon les DT : difficultés pour définir des organisations standards • La téléconduite ne fait pas partie des fonctionnalités de la vision cible	• Le pupitre standard (ergonomie du poste, synoptiques de supervision, …) de l'opérateur GH, PG et GG est à construire
Les données de la GH	• Des unités standards de stockage ont été définies • Le cheminement de la donnée et son horodatage ont été standardisés • Les fréquences relatives à la GH ont été standardisées • Un processus de fiabilisation de la donnée a été construit	• Les unités de visualisation de la donnée ne peuvent être standardisées et seront adaptées aux besoins	• Le fonctionnement en mode dégradé reste à traiter et les redondances à mettre en place pour assurer le niveau de service attendu reste à définir • Le lieu et la façon dont sont effectués les calculs de donnée GH reste à définir • Le processus de fiabilisation de la donnée doit être approfondi (outils, rôles, …)
Instrumentation des ouvrages de GH	• Une instrumentation standard par typologie d'ouvrage a été définie	• La vidéo n'est pas indispensable à la télégestion des ouvrages mais les situations justifiant son utilisation restent à affiner	• Les standards concernant la maintenance des instruments restent à définir • L'instrumentation SOH reste à traiter

LES CAHIERS DU LAB

Avril 2022

Voies navigables de France
175, rue Ludovic Boutleux - CS 30820
62408 Béthune cedex