

FICHE
N°2

Calcul des efforts sur la grille colmatée

Étude sur le colmatage des prises d'eau ichtyocompatibles
Thèse 2022-2025 menée par Guillaume Bon

Table des matières

Table des matières	2
1 Introduction/Mise en contexte	3
2 Définition des différents efforts	4
2.1 Le poids de la grille	4
2.2 Le poids du colmatage	4
2.3 La force d'Archimède	7
2.4 La force hydrodynamique	7
2.5 Somme des forces appliqués sur la grille	8
3 Exemples d'application de la loi	8
3.1 Prise d'eau considérée	8
3.2 Exemple 1 : colmatage à 100 % sans débit (méthode simplifiée)	9
3.3 Exemple 2 : colmatage homogène (par feuilles)	10
3.4 Exemple 3 : colmatage homogène (par galets)	10
4 Conclusion	11

Thèse : Guillaume Bon

Encadrants :

France Hydro Electricité : Xavier Casiot, Cécile Bellot
Institut Pprime, UPR3346, CNRS, Université de Poitiers, ENSMA : Ludovic Chatellier, Laurent David
Laboratoire SIAME, Université de Pau et Pays de l'Adour E2S UPPA-IPRA : Yves Le Guer

Consulter l'ensemble du contenu web lié à la thèse sur :

https://www.france-hydro-electricite.fr/etude_g.bon

1 Introduction/Mise en contexte

Contexte de cette étude : Les systèmes de prises d'eau sont essentiels pour assurer un bon captage et un guidage optimal de l'écoulement vers les turbines, tout en protégeant la centrale et en facilitant la dévalaison des poissons. En France, les prises d'eau équipées d'un système de dévalaison de type grille fine inclinée sont les plus courantes. Lors du dimensionnement de ce système, le calcul mécanique de la résistance de la grille et de ces systèmes de fixation est crucial afin d'éviter toute détérioration en période de crue ou en cas d'accumulation importante de débris (types branchages, arbres, galets, etc.). Ce dimensionnement repose généralement sur une hypothèse de colmatage complet, avec une charge d'eau maximale en amont de la grille et un canal vide en aval (différence de pression entre l'amont et l'aval). Dans un contexte de colmatage non total, il est intéressant de pouvoir calculer l'effort exercé sur la grille, c'est-à-dire en cas de colmatage partiel et en conditions de production d'énergie (vitesse non nulle, impliquant la prise en compte d'une force hydrodynamique).

Pour cela, une étude expérimentale en laboratoire a été mise en place. Elle repose sur l'utilisation de surfaces de colmatage artificielles simulant le colmatage naturel (plaques perforées, volumes poreux, plaques pleines, etc.). Cette étude a été complétée par des mesures de terrain sur le colmatage naturel et son impact sur une centrale en fonctionnement. Ces études ont été explicitées plus en détails dans le Fiche 1 sur les pertes de charge de grilles colmatées et dans la thèse de Guillaume Bon (Bon, 2025).

Objectif de la fiche : L'objectif de cette fiche est d'expliquer comment calculer les efforts exercés sur une grille inclinée partiellement colmatée en fonction de différentes configurations de colmatage, en lien avec les pertes de charge mesurées. Elle constitue une suite directe à la première fiche, qui elle détaille le calcul des pertes de charge des grilles colmatées.

Il est important d'introduire quelques notions pour faciliter la compréhension de cette fiche :

- Le poids de la grille, $\vec{F}_p$ exprimé selon l'axe $\vec{z}$ au barycentre de la grille [N].
- Le poids du colmatage (éventuel), noté, exprimé $\vec{F}_{p,colm}$ selon l'axe $\vec{z}$ au barycentre de la zone colmatée [N].
- La force d'Archimède, notée $\vec{F}_a$ exprimée selon l'axe $\vec{z}$ au centre de la partie de grille immergée [N]
- La force hydrodynamique, notée $\vec{F}_h$ exprimée selon l'axe $\vec{z}'$ au centre de la partie immergée de la grille [N].
- Le coefficient de perte de charge, noté ξ , explicité dans la fiche 1. Il est défini par la relation :
 - $\xi = 2g\Delta H/v_1^2$, avec v_1 la vitesse débitante (peut être remplacée par la vitesse turbinée v_{turb} suivant la considération) [m.s^{-1}], ΔH la perte de charge [m] et g l'accélération de la pesanteur [m.s^{-2}].

Un exemple d'application des efforts est présenté à la Figure 1.

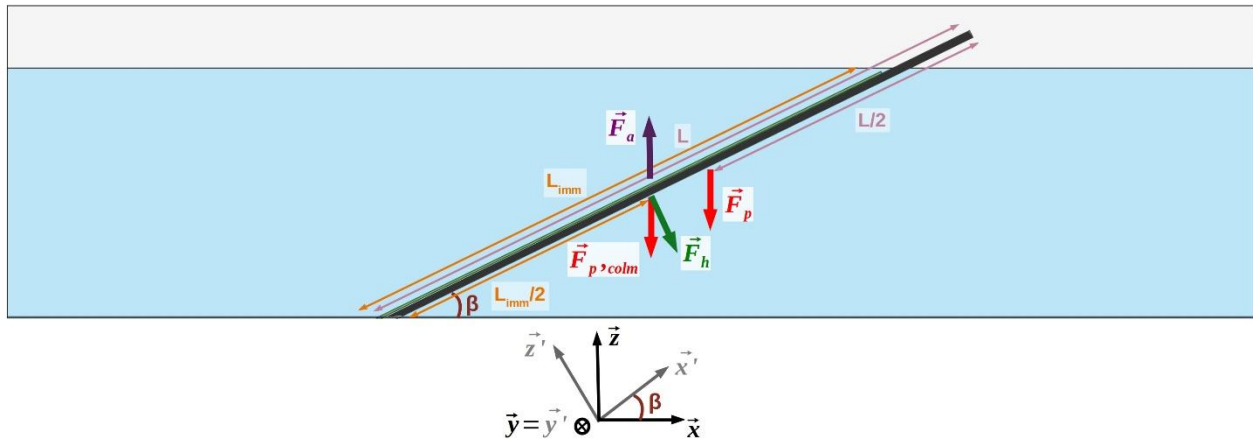


Figure 1: Vue latérale d'un système de grille inclinée colmatée de faible espacement avec la répartition des efforts en condition d'écoulement.

β représente l'angle d'inclinaison de la grille [°], L la longueur de la grille [m] et L_{imm} la longueur immergée de la grille [m].

2 Définition des différents efforts

2.1 Le poids de la grille

Le poids de la grille comprend classiquement les barreaux et les entretoises. D'autres éléments peuvent être ajoutés si leur contribution est significative. Le calcul doit en effet être adapté en fonction du site et de la prise d'eau.

Le poids total de la grille est alors la somme des contributions de chaque élément :

$$\vec{F}_p = -g \sum_{i \in \text{éléments}} \rho_i V_i \vec{z},$$

avec ρ_i la densité du matériau de l'élément i [kg.m^{-3}], g l'accélération de la pesanteur [m.s^{-2}] et V_i le volume de l'élément i [m^3]. Dans le cas simplifié, éléments (appartient) $\in$ [barreaux ; entretoises].

Dans la situation où le poids est réparti de manière homogène sur la grille, le point d'application de cette force peut être considéré au centre de la grille totale (voir Figure 1). Sinon, il est nécessaire de calculer le barycentre afin de déterminer précisément la position de l'effort, avec l'objectif final de le déplacer et d'évaluer sa répartition sur les différents supports.

2.2 Le poids du colmatage

Le poids du colmatage peut être négligé dans le cas d'un colmatage par des feuilles, car leur épaisseur ainsi que leur densité restent faibles. Le poids propre des feuilles sèches est donc négligeable par rapport à celui de la grille. Ce n'est en réalité pas forcément le cas lors de feuilles chargées en eau et détériorées (stage de Camille Pages).

Cependant, dans certains cas de colmatage important et lourd, notamment par des galets (ou des branchages), le poids du colmatage ne peut plus être négligé et doit être pris en compte. Ce poids est ainsi défini comme :

$$\vec{F}_{p,colm} = -g \sum_{i \in \text{colmatages}} \rho_i V_i \vec{z},$$

Les colmatages peuvent prendre des formes variées (branchages, galets, etc.). Le point d'application de ce poids dépend de la position du colmatage. Pour un colmatage homogène sur la grille, ce point sera situé au centre de la partie colmatée de la grille (voir Figure 1).

Cependant, pour des configurations de colmatage non homogènes, il sera nécessaire de calculer le barycentre afin de déterminer précisément le point d'application de l'effort et de transmettre correctement les forces aux supports.

Exemple de calcul du poids de la grille et du colmatage :

À titre d'exemple, considérons une prise d'eau de 4 m de hauteur (avec 3,5 m de hauteur d'eau) et 7 m de largeur. Une grille inclinée (sans exutoires) est installée avec un angle d'inclinaison de 26 degrés.

La grille est composée :

- De barreaux rectangulaires de dimensions $8 \times 60 \text{ mm}^2$ ($b \times p$).
- D'un espacement entre barreaux (e) de 20 mm.
- D'entretoises circulaires de diamètre (D_{ent}) 30 mm, espacées (e_{ent}) de 50 cm.

La Figure 2 illustre cette configuration.

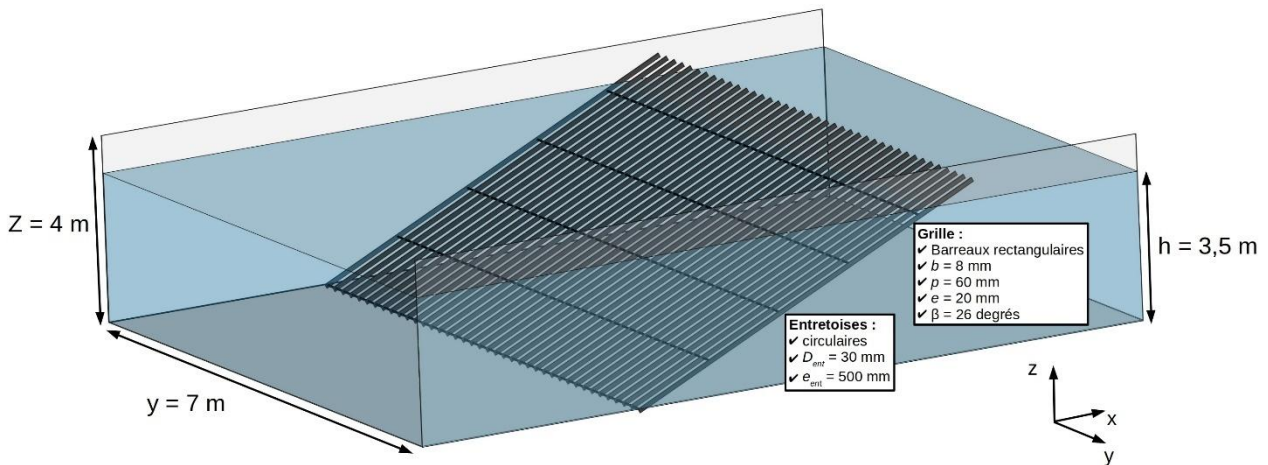


Figure 2: Exemple de prise d'eau d'une centrale composée d'une grille inclinée (β) à 26° .

En considérant que les barreaux et les entretoises sont fabriqués en inox, d'une densité de $8020 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, le poids de la grille est alors :

$$\vec{F}_p = g(V_{\text{barreaux}} + V_{\text{entretoises}})\rho_{\text{inox}} = g \left(N_b L b p + N_{ent} \pi \left(\frac{D_{ent}}{2} \right)^2 B \right) \rho_{\text{inox}} = 93 \text{ kN}$$

avec :

- N_b : le nombre de barreaux [-]
- L : la longueur totale de la grille [m]
- b : la largeur d'un barreau [m]
- p : la profondeur d'un barreau [m]

- N_{ent} : le nombre d'entretoises [-]
- D_{ent} : le diamètre des entretoises [m]
- B : la largeur du canal [m]
- ρ : la masse volumique de l'inox [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$]

Différentes configurations de colmatage nécessitent le calcul d'un poids supplémentaire. Il est notamment possible d'observer un poids important en cas de colmatage par du bois ou par des galets. Un colmatage par la glace peut également survenir, augmentant ainsi le poids de la grille (Figure 3).



Figure 3: Exemples de grilles colmatées par de la glace (à gauche) et des galets (à droite), où la prise en compte du poids du colmatage semble importante.

Considérons maintenant une surface de colmatage composée de galets, recouvrant l'ensemble de la surface immergée de la grille ($L_{imm} \times B$), avec une épaisseur p_{colm} de 5 cm, 10 cm et 20 cm.

La densité des galets varie entre $2600 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ et $2800 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Nous prendrons une valeur moyenne de $2700 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. De plus, la surface de colmatage est supposée totalement recouverte de galets (plan homogène sans interstices entre les galets) pour simplifier les calculs (cas le plus défavorable).

Pour $p_{colm} = 5 \text{ cm}$:

$$\vec{F}_{p,colm} = m_{colm}g = gV_{galets}\rho_{galets} = g(p_{colm}L_{imm}B)\rho_{galets} = 74\text{kN}$$

avec p_{colm} l'épaisseur de galets accumulés [m], m_{colm} la masse du colmatage [kg], $L_{imm} = h/\sin(\beta)$ la longueur de grille immergée [m] et ρ_{galets} la masse volumique des galets [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$], ici $2700 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$.

Pour $p_{colm} = 10 \text{ cm}$:

$$\vec{F}_{p,colm} = g(p_{colm}L_{imm}B)\rho_{galets} = 148\text{kN}$$

Pour $p_{colm} = 20 \text{ cm}$:

$$\vec{F}_{p,colm} = g(p_{colm}L_{imm}B)\rho_{galets} = 296\text{kN}$$

Le poids du colmatage peut, selon la source, être prédominant par rapport à celui de la grille et doit donc être pris en compte. Le même calcul peut également être effectué avec du bois, comme par exemple du chêne (densité maximale de $1000 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$), pour une épaisseur (p_{colm}) de 20 cm, ce qui donne un poids de 109 kN.

2.3 La force d'Archimède

La force d'Archimède est la poussée exercée par l'eau sur un objet immergé, partiellement ou totalement (ici, la grille est partiellement immergée).

De la même manière que le poids, dans la majorité des configurations, seule la poussée d'Archimède agissant sur la grille est à prendre en compte, car le volume de colmatage est généralement faible. Cependant, pour un colmatage important, comme avec des galets ou des branchages, la poussée d'Archimède appliquée à ces éléments peut également être prise en compte. La force est définie de la manière suivante :

$$\vec{F}_a = g \sum_{i \in [\text{éléments, colmatages}]} \rho_{eau} V_{imm} \vec{z}$$

avec ρ_{eau} la masse volumique de l'eau [kg.m^{-3}], V_{imm} le volume immergé de chaque élément à prendre en compte [m^3].

Cette force est exprimée positivement selon l'axe $\vec{z}$ (à l'inverse du poids). Il est à noter que cette force est appliquée en un point différent de celui du poids, car elle concerne le volume immergé et non le volume global.

La force d'Archimède pourra donc être appliquée au centre de la partie immergée de la grille en première approximation (si la grille est homogène et, dans le cas d'un colmatage homogène également, Figure 1). Un calcul plus précis pourra être effectué si la grille a un volume non homogène ou si le colmatage, également non homogène, doit être pris en compte pour la partie immergée de la grille.

2.4 La force hydrodynamique

La force hydrodynamique correspond à la force dont la formulation a été définie dans la thèse (à partir des mesures expérimentales en laboratoire). L'idée est de ne plus simplement considérer une différence de pression statique, mais de prendre également en compte l'effet de la vitesse de l'écoulement traversant la grille partiellement colmatée. Cette force est complexe à déterminer.

Une étude expérimentale en laboratoire sur des grilles inclinées colmatées a été réalisée pour mesurer la perte de charge et l'effort total sur la grille pour chaque configuration de colmatage (Chapitre 3 thèse : Bon 2025 et Fiche 1). Cette étude a permis de déterminer l'effort normal à la grille colmatée, et par soustraction du poids et de la force d'Archimède, la force hydrodynamique.

Un modèle a alors pu être défini, basé sur la détermination d'un coefficient de force dépendant du coefficient de perte de charge de la grille colmatée. L'intérêt de passer par le coefficient de perte de charge réside dans le fait qu'il a fait l'objet d'une étude approfondie et du développement d'une formule analytique complète pour prédire ce coefficient (Chapitre 3 thèse : Bon 2025 et Fiche 1). La forte corrélation entre le coefficient de perte de charge et le coefficient d'effort permet alors d'estimer l'effort hydrodynamique simplement à l'aide de la perte de charge. La formulation de l'effort hydrodynamique est alors la suivante :

$$\begin{cases} \vec{F}_h = \frac{-1}{2} C_{Force} \rho_{eau} S_n v_1^2 \vec{z}' \\ C_{Force} = \xi K_{Force} \end{cases}$$

avec C_{Force} le coefficient de force [-], ξ le coefficient de perte de charge [-], $S_n = BL_{imm}$ la surface immergée de la grille, B la largeur du canal, L_{imm} la longueur de grille immergée [m] et K_{Force} un coefficient supplémentaire égal à 0,85 qui a été déterminé sur la base d'essais en laboratoire.

Le coefficient de perte de charge ξ doit être calculé en fonction du colmatage considéré, en utilisant la formule de la Fiche 1 ainsi que le fichier Excel dédié.

Le point d'application de cette force est exprimé par convention au centre de la grille immergée, même s'il peut en réalité bouger en fonction du colmatage (partiel ou homogène).

2.5 Somme des forces appliquées sur la grille

La somme des forces appliquées sur la grille, ainsi que le point d'application global, peuvent finalement être définis par le calcul de chacun des efforts. Le système d'équation suivant permet de résumer les différents efforts à calculer :

$$\left\{ \begin{array}{l} \vec{F}_{tot} = \vec{F}_p + \vec{F}_{p,colm} + \vec{F}_a + \vec{F}_h \\ \vec{F}_p = -g \sum_{i \in \text{éléments}} \rho_i V_i \vec{z} \\ \vec{F}_{p,colm} = -g \sum_{i \in \text{colmatages}} \rho_i V_i \vec{z} \\ \vec{F}_a = g \sum_{i \in [\text{éléments}, \text{colmatages}]} \rho_{eau} V_{imm} \vec{z} \\ \vec{F}_h = \frac{-1}{2} \xi K_{Force} \rho_{eau} S_n v_1^2 \vec{z}' \end{array} \right.$$

Un calcul d'équilibre des efforts peut alors être effectué pour déterminer les efforts maximums que doivent supporter les supports de la grille.

3 Exemples d'application de la loi

3.1 Prise d'eau considérée

Le même exemple que pour le calcul du poids de la grille et du colmatage supplémentaire est utilisé dans cette partie. L'ensemble des forces sera maintenant calculé suivant la configuration de colmatage. La Figure 4 montre de nouveau les paramètres de la prise d'eau sélectionnée comme exemple.

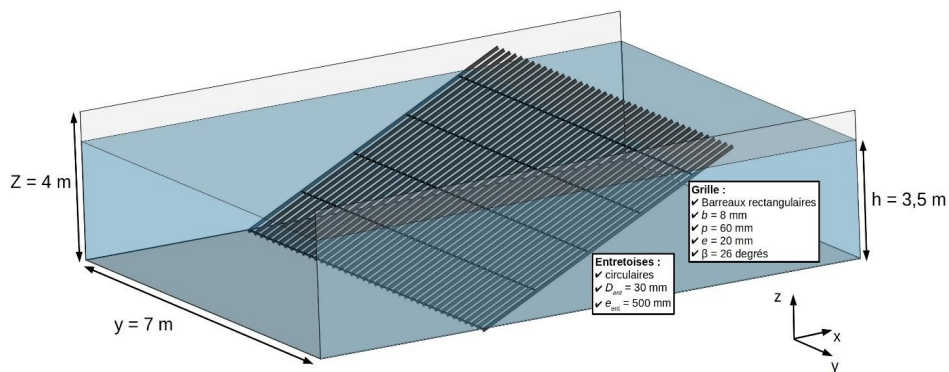


Figure 4: Exemple de prise d'eau considérée pour le calcul des efforts.

Le colmatage peut prendre différentes formes. Il peut apparaître de manière homogène ou non. Seul le cas homogène est traité ici, mais pour un colmatage partiel, le principe reste identique pour le calcul des efforts ; seul le calcul de la perte de charge sera différent (voir Fiche 1 sur les pertes de charge des grilles colmatées). Différents exemples sont explicités en fonction de l'obstruction du colmatage (o_c) et du type de colmatage (feuilles ou galets). La Figure 5 montre la configuration globale avec le positionnement du colmatage (représenté par la surface verte), qui sera étudiée dans les exemples.

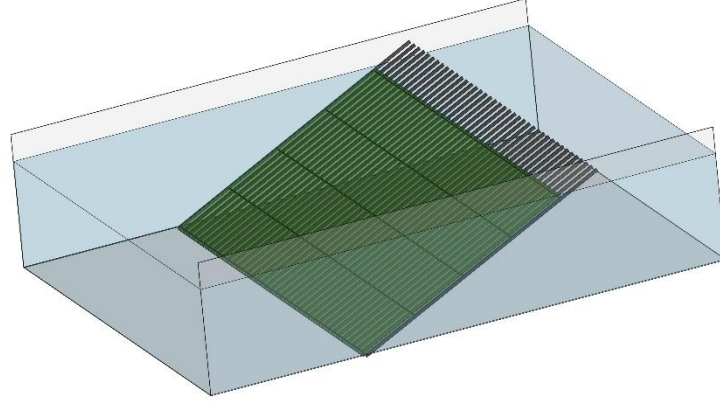


Figure 5: Exemple de colmatage (représenté par la surface verte) sur la grille inclinée de la prise d'eau de la centrale hydroélectrique.

3.2 Exemple 1 : colmatage à 100 % sans débit (méthode simplifiée)

Dans le premier exemple, la méthode actuellement utilisée pour le dimensionnement des supports est explicitée. Le colmatage est supposé total ($o_c = 100\%$), ce qui signifie qu'il n'y a plus d'eau passant à travers la grille. Cette configuration ne correspond pas à la formulation expliquée dans cette fiche, car la formule actuelle suppose que le débit turbiné est toujours assuré. Dans cette configuration, la formule développée ici suppose donc un débit qui se heurte à un mur, sans eau passant à travers, ce qui entraînerait un effort infini.

Pour le cas d'un colmatage total, il faut supposer qu'il n'y a plus de débit passant (débit turbiné nul). Il y a alors une pression statique générée par l'eau en amont de la grille totalement colmatée et une pression atmosphérique en aval, en considérant que le canal est vide en aval de la grille.

La force appliquée sur la grille devient donc une combinaison du poids de la grille (et éventuellement du colmatage) ainsi que de la pression statique exercée par l'eau.

Le poids de la grille est alors, comme déjà calculé précédemment :

$$\vec{F}_p = g \left(N_b L b p + N_{ent} \pi \left(\frac{D_{ent}}{2} \right)^2 B \right) \rho_{inox} = 93 kN \text{ selon } -\vec{z}.$$

La différence de pression exercée par l'eau sur la grille, en supposant que le canal est chargé en eau en amont de la grille colmatée et vide en aval, s'exprime alors :

$$\Delta P(x') = (h - x' \sin(\beta)) \rho_{eau} g + P_{atm} - P_{atm}$$

La force exercée par l'eau est finalement :

$$\vec{F}_{eau} = - \iint_S \Delta P(x') dS \vec{z}' = -\rho_{eau} g B \frac{h^2}{2 \sin(\beta)} \vec{z}' = 959 kN \text{ selon } \vec{z}'$$

Par projection des efforts, il est ensuite possible de retrouver l'effort total normal à la grille. **À cela peut s'ajouter le poids du colmatage lui-même (comme défini plus haut avec l'exemple des galets).** Il s'agit de la méthode la plus directe pour déterminer l'effort minimal que doit supporter le système de support.

3.3 Exemple 2 : colmatage homogène (par feuilles)

Il est désormais possible d'utiliser la méthode développée dans cette étude pour calculer l'effort sur des grilles colmatées partiellement ou avec une obstruction inférieure à 100 %. Le même système de grille est considéré. Un colmatage homogène par feuilles, avec une obstruction o_c de k %, est alors pris en compte.

Le poids de la grille est toujours de 93 kN selon $-\vec{z}$

La force d'Archimède de la grille est-elle égale à :

$$\vec{F}_a = \rho_{eau} V_{grille} g \vec{z} = 12 \text{ kN selon } \vec{z}$$

La force résultante est alors de 81,53 kN selon $-\vec{z}$. La force hydrodynamique exercée par l'eau nécessite de connaître le coefficient de perte de charge de la grille colmatée. Pour cela, la fiche 1 est utilisée, et elle permet, à l'aide du fichier Excel fourni, de calculer ce coefficient (voir Tableau 1). La vitesse d'écoulement est supposée égale à $0,6 \text{ m.s}^{-1}$, ce qui donne, après calcul, les efforts suivants :

Tableau 1: Coefficient de perte de charge et force hydrodynamique exercée par l'eau sur la grille en fonction de l'obstruction de colmatage. *En vert, les pourcentages de colmatage couramment observés sur des prises d'eau en fonctionnement normal avec dégrilleur ; en rouge, les colmatages plus exceptionnels, dépassant le fonctionnement habituel de la centrale.*

O_c [%]	10	20	30	40	50	60	70	80	90	98,4
ξ [-]	0,7	1,0	1,3	1,71	2,3	3,2	4,7	7,7	16,6	110,7
$\vec{F}_h$ [kN]	6	8	11	15	20	27	40	66	142	947

Les forces peuvent ensuite être projetées, déplacées et additionnées pour calculer les efforts minimaux que doivent supporter les supports de la grille.

3.4 Exemple 3 : colmatage homogène (par galets)

Il peut également être ajouté le poids du colmatage supplémentaire en cas de colmatage par galets ou branchages. Pour cela, une approximation du poids du colmatage est effectuée, comme présenté à la section 2.2. Prenons l'exemple d'un colmatage de 80 % sur l'ensemble de la surface de la grille immergée ($L_{imm} \times B$) et sur des épaisseurs respectives p_{colm} de 5 cm, 10 cm et 20 cm. La masse volumique des galets est comprise entre 2600 kg.m^{-3} et 2800 kg.m^{-3} . Le choix est fait de prendre une masse volumique de 2700 kg.m^{-3} . La surface occupée par les galets est supposée sur toute la surface de la grille de manière homogène pour simplifier les calculs, avec un taux de remplissage de 80 %.

Le volume de galet est alors $V_{galets} = p_{colm} L_{imm} B o_c = 8,91 \text{ m}^3$

Pour $p_{colm} = 5 \text{ cm}$:

$\vec{F}_{p,galets} = -gV_{galets}\rho_{galets}\vec{z} = 59\text{kN}$ selon $-\vec{z}$ soit un effort total résultant du poids et de la force d'Archimède de 141 kN selon $-\vec{z}$.

avec p_{colm} l'épaisseur de galets accumulés [m], $L_{imm} = h/\sin(\beta)$ la longueur de grille immergée [m] et ρ_{galets} la masse volumique des galets [kg.m^{-3}].

Pour $p_{colm} = 10 \text{ cm}$:

$\vec{F}_{p,galets} = -gV_{galets}\rho_{galets}\vec{z} = 118\text{kN}$ selon $-\vec{z}$ soit un effort total résultant du poids et de la force d'Archimède de 200 kN selon $-\vec{z}$.

Pour $p_{colm} = 20 \text{ cm}$:

$\vec{F}_{p,galets} = -gV_{galets}\rho_{galets}\vec{z} = 237\text{kN}$ selon $-\vec{z}$ soit un effort total résultant du poids et de la force d'Archimède de 318 kN selon $-\vec{z}$.

L'ajout du poids du colmatage peut ainsi être déterminant dans le cadre du dimensionnement mécanique des supports.

Il est également possible d'effectuer ces calculs avec un colmatage non homogène, en utilisant la Fiche 1 pour déterminer le coefficient de perte de charge correspondant. Malgré le caractère non homogène du colmatage, et par convention, la force hydrodynamique exercée par l'eau est considérée comme appliquée au centre de la grille immergée.

4 Conclusion

Cette fiche présente une nouvelle approche pour estimer les efforts appliqués sur une grille inclinée colmatée, dans le but de mieux anticiper les ordres de grandeur des efforts exercés sur les supports et d'assurer une bonne résistance du système complet. Cette approche repose sur la relation entre la perte de charge et l'effort sur un tel système, ainsi que sur l'utilisation de la perte de charge pour prédire cet effort.

Points à retenir :

- Extension de la Fiche 1 : Cette fiche est une extension de la Fiche 1 sur les pertes de charge des grilles colmatées, puisque l'effort calculé dans cette fiche utilise directement le coefficient de perte de charge.
- Force hydrodynamique importante : La force hydrodynamique exercée par l'eau peut atteindre des valeurs très élevées, même sans un colmatage total.
- Poids de la grille et du colmatage non négligeable : Il est important de ne pas négliger le poids de la grille, mais également celui du colmatage, en particulier dans le cas d'un colmatage par branchages ou galets.
- Déplacement des efforts : Cette fiche fournit une aide au calcul des efforts appliqués sur la grille, ainsi que leur direction et leur point d'application. Il conviendra de déplacer et d'orienter ces efforts en fonction du positionnement des supports, afin de sommer les efforts appliqués sur chaque support.
- Dimensionnement mécanique : Cette fiche permet finalement d'estimer les efforts maximaux applicables sur les supports de grille dans le cadre d'un dimensionnement mécanique.

REFERENCES

- 1) Bon, G. « Etude de colmatage de prises d'eau ichtyocompatibles de centrales hydroélectriques : influences des conditions d'écoulement ». Thèse de doctorat à l'Université de Poitiers, France Hydro Electricité, mars. 2025.

NOTATIONS

$\vec{F}_p$	Poids de la grille	[N]
$\vec{F}_{p,colm}$	Poids du colmatage	[N]
$\vec{F}_a$	Force d'Archimède sur la grille	[N]
$\vec{F}_h$	Force hydrodynamique sur la grille	[N]
$\vec{F}_{tot}$	Force totale appliquée sur la grille	[N]
ξ	Coefficient de perte de charge	[-]
ΔH	Perte de charge	[m]
P_{atm}	Pression atmosphérique	[Pa]
ΔP	Différence de pression entre l'amont et l'aval de la grille	[Pa]
g	Accélération de la pesanteur	[m.s ⁻²]
v_1	Vitesse débitante	[m.s ⁻¹]
ρ_i	Masse volumique de l'élément i	[kg.m ⁻³]
V_i	Volume de l'élément i	[m ³]
β	Angle d'inclinaison de la grille	[°]
L	Longueur des barreaux	[m]
L_{imm}	Longueur immergée des barreaux	[m]
b	Largeur des barreaux	[m]
N_b	Nombre de barreaux	[-]
e	Espacement entre les barreaux	[m]
p	Profondeur des barreaux	[m]
D_{ent}	Diamètre des entretoises	[m]
e_{ent}	Espacement entre les entretoises	[m]
N_{ent}	Nombre d'entretoises	[-]
S_n	Surface de grille immergée	[m ²]
h	Hauteur d'eau	[m]
Z	Hauteur du canal	[m]
B	Largeur du canal	[m]
m	Masse	[Kg]
p_{colm}	Epaisseur équivalente du colmatage	[m]
o_c	Obstruction du colmatage	[-]
C_{Force}	Coefficient de force de la grille colmatée	[-]
K_{Force}	Coefficient supplémentaire de force	[-]