

Exercice n° HU 0202 – Corrigé

Diagnostic d'un réseau d'assainissement à l'aide des courbes Aire-temps de concentration – Application à la ville de Wassen (Ur, Suisse).

Données de l'exercice :

L'exercice porte sur le diagnostic du dimensionnement des canalisations du réseau décrit dans la figure 1 et le tableau 2 de l'énoncé. Il fait suite à l'exercice HU 0201.

Question 1. Diagramme A- t_c à l'exutoire de chaque sous-bassin

⊙ Démarche à appliquer :

Pour déterminer le diagramme Aire-Temps de concentration à l'exutoire de chaque sous-bassin, on détermine d'abord la surface réduite et le temps de concentration de chaque sous bassin. On choisit ensuite une forme adimensionnelle du diagramme Aire-Temps de concentration pour chaque sous bassin que l'on rend finalement dimensionnelle.

1/ Surfaces réduites

Les surfaces réduites totales (A_T) sont données dans l'énoncé pour chaque sous bassin.

2/ Temps de concentration des bassins

Le temps de concentration t_c de chacun des sous bassins est calculé par la méthode L/V. Il est défini par :

$$t_c = t_h + t_r + t_a \quad (1)$$

Avec t_h : temps d'humectation, t_r : temps de ruissellement, t_a : temps de propagation dans le réseau pour atteindre l'exutoire.

Temps d'humectation des sols : t_h . En milieu urbain le pourcentage de surfaces imperméables étant important, la durée nécessaire à l'humectation du bassin est très courte (remplissage des dépressions essentiellement). Elle est très difficilement quantifiable : s'il est pris en compte, t_h peut être compris dans le temps d'introduction, ce dernier étant alors augmenté de quelques minutes.

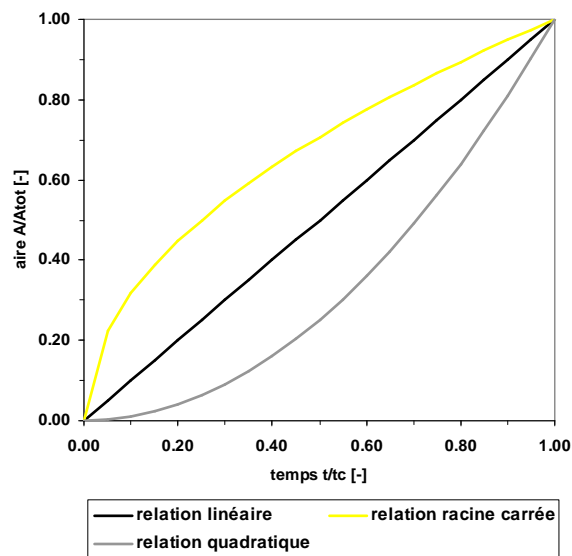
Temps de ruissellement ou d'introduction de la pluie dans le réseau : t_r . C'est la durée entre son arrivée au sol (ou sur les toitures) et son introduction dans les canalisations ; son estimation étant difficile, le temps d'introduction est supposé constant dans le temps et l'espace et pris égal à quelques minutes (5 minutes dans le cas présent).

Temps d'acheminement dans le réseau : t_a . La vitesse de l'écoulement dans les canalisations 1.0, 1.1, 1.2 et 2.0 peut être calculée par la formule de Manning-Strickler. Pour simplifier les calculs la section des canalisations est supposée entièrement mouillée (on utilise alors la vitesse normale). La valeur du coefficient de Strickler est de l'ordre de 80 à 100 $m^{1/3}/s$ pour un matériau comme le PVC. La vitesse d'écoulement en réseau et la longueur à parcourir dans le réseau du bassin considéré permet d'estimer le temps d'acheminement (le temps d'acheminement doit être déterminé le cas échéant pour chacun des tronçons du réseau si plusieurs tronçons se succèdent d'amont en aval avant de rejoindre l'exutoire du bassin).

3/ Diagrammes Aire – temps de concentration

L'établissement du diagramme Aire – temps de concentration à l'exutoire du bassin versant considéré permet d'estimer l'évolution temporelle de la « surface réduite » (surface multipliée par le coefficient de ruissellement) qui contribue au ruissellement en fonction du temps depuis le début de la pluie nette. A moins de disposer d'informations adéquates sur cette évolution, il est nécessaire de choisir une forme arbitraire pour la représenter. Cette évolution peut par exemple être représentée par une relation linéaire, quadratique ou de type racine carrée (e.g. graphique 1). Le choix de la forme conditionne a priori la forme de la crue de projet et des débits maximums de crue qui résultent d'une pluie de projet donnée. Par défaut, une évolution linéaire est souvent retenue.

Graphique 1 : Formes adimensionnelles possibles pour le diagramme aire – temps de concentration de chaque sous bassin versant



⊙ Résultats :

Les temps de concentration des différents sous-bassins de même que les temps d'acheminement dans les différents tronçons du réseau sont donnés dans la feuille de calcul correspondant à l'exercice HU 0201. Ils résumés sur la figure 2.

Les diagrammes Aire-Temps des différents bassins sont donnés sur la figure 2. La forme adimensionnelle linéaire a été utilisée pour chaque sous bassin. Pour chaque sous bassin, le diagramme adimensionnel a été ensuite rendu dimensionnel en multipliant le temps adimensionnel par le temps de concentration du bassin (t_c) et en multipliant ensuite le pourcentage de la surface réduite par la surface réduite totale du bassin (A_T).

Question 2. Diagramme $A-t_c$ à l'exutoire du bassin complet

⊙ Démarche à appliquer :

On calcule d'abord le temps d'acheminement nécessaire pour aller de l'exutoire de chaque sous-bassin à l'exutoire du bassin complet et on compose ensuite les diagrammes Aire-Temps des bassins individuels pour l'exutoire du bassin complet. Pour cela, le diagramme Aire-Temps à l'exutoire du bassin complet de chacun des sous-bassins peut être obtenu graphiquement en décalant l'origine temporelle de son diagramme Aire-Temps individuel (estimé à son exutoire) d'une durée égale au temps d'acheminement nécessaire aux débits pour rejoindre l'exutoire du bassin complet (décalage de $d = t_a = 0$ pour le sous bassin 1.2 ; décalage de $d =$ temps d'acheminement entre l'exutoire 2.0, respectivement 1.0, et l'exutoire 1.2 pour les deux autres sous-bassins)

Le diagramme Aire-Temps à l'exutoire du bassin 1.2 du bassin complet est obtenu ensuite par la sommation des diagrammes Aire-Temps décalés correspondant aux différents sous bassins.

Apport du diagramme $A-t_c$ pour le contrôle des débits estimés avec la méthode rationnelle

Le diagramme Aire-Temps peut être utilisé pour vérifier et corriger les débits estimés avec la formule rationnelle. Supposons que l'on dispose d'un modèle IDF de type Talbot (l'intensité moyenne maximale d'une précipitation de durée t et de période de retour T a l'expression suivante : $i(T,t)=a(T)/(b+t)$). Le diagramme Aire-Temps permet alors de vérifier que la durée critique d'une pluie uniforme pour le bassin considéré (celle qui conduit à un débit de pointe maximum) est bien égale au temps de concentration pour le bassin. Si ce n'est pas le cas, il permet l'identification graphique de la durée critique pour le bassin puis le calcul du débit de pointe correspondant. Pour une période de retour T donnée, le débit de pointe de l'hydrogramme de crue résultant d'une pluie uniforme de durée t inférieure au temps de concentration du bassin a l'expression suivante :

$$Q_p(T,t) = A_R(t) \cdot i_{\max}(T,t) = a(T) \cdot \frac{A_R(t)}{b+t} \quad (2)$$

avec $A_R(t) = [C.A](t)$: fraction de la surface réduite total du bassin contribuant effectivement à l'exutoire du bassin au temps t – et donc issue du diagramme Aire-Temps.

A période de retour fixée, le débit de pointe résultant d'une pluie d'intensité constante est donc, suivant la formulation précédente, fonction de la durée de la pluie. Le débit de pointe maximum sera obtenu pour le rapport $A_R(t)/(b+t)$ maximum. Pour une durée de pluie t donnée, ce rapport est simplement la pente de la droite D passant par les points $A(-b,0)$ et $M(t, A_R(t))$ dans le diagramme Aire-Temps de concentration du bassin. Il suffit donc, pour trouver la durée de pluie critique pour le bassin B , de trouver la droite D tangente au diagramme Aire-Temps qui a la pente la plus importante.

⊙ Résultats :

Le diagramme Aire-Temps à l'exutoire du bassin complet a été produit, par commodité, sur papier millimétré, par une méthode graphique. Le résultat est donné sur la figure 2.

La droite qui a la tangente la plus importante est pour la configuration étudiée ici la droite D_x présentée sur la figure 2. La durée critique correspondante pour ce bassin est $\theta = 9,8$ mn (durée égale à $tc^* = tc_{1,2} + ta_{2,0}$). La surface réduite correspondante est 11,8 ha et le débit critique correspondant est obtenu sur la base de l'équation (2) ci dessus : $Q_p = 2920$ l/s.

A ce débit de ruissellement critique, il faut finalement ajouter le débit des eaux claires parasites Q_{ECP} ainsi que le débit des eaux usées Q_{EU} si le système est de type unitaire. Le débit de pointe à faire transiter à l'exutoire du bassin complet est donc : $Q_p = 2920 + 125 = 3045$ l/s. Au final, on vérifie donc que le dimensionnement initialement projeté du réseau est insuffisant puisque le débit nominal de la canalisation 1.2 est de 3015 l/s.

