

Journées Hydrométrie 2014 – SCHAPI

Toulouse, 3-4 février 2014

Dépouillement et utilisation des jaugeages par vélocimètre radar portable (SVR)

Jérôme LE COZ¹, Pierre-Marie BECHON², Raphaël LE BOURSICAUD¹,
Guillaume DRAMAIS¹,

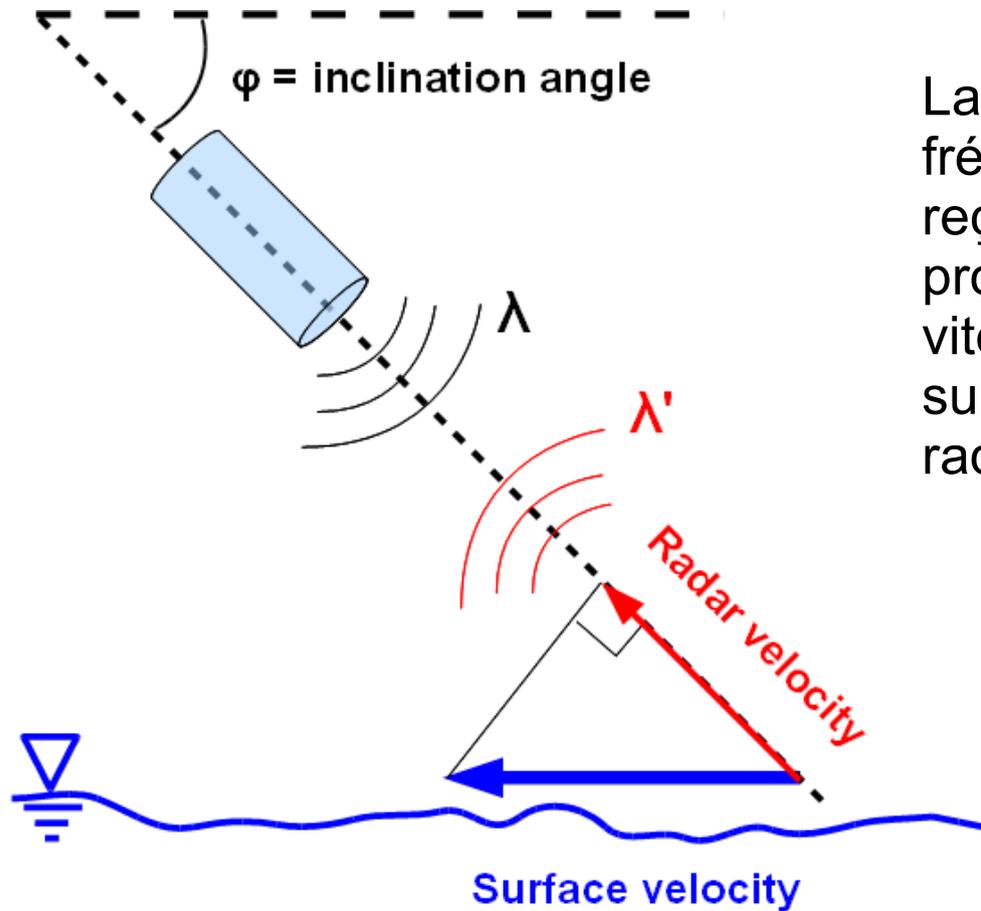
¹ **Irstea Lyon**, Unité de Recherche Hydrologie-Hydraulique, Villeurbanne, France

² **DREAL Rhône-Alpes**, Unité Hydrométrie-Prévision des Crues, Lyon, France



Présent
pour
l'avenir

Principe de la vélocimétrie radar

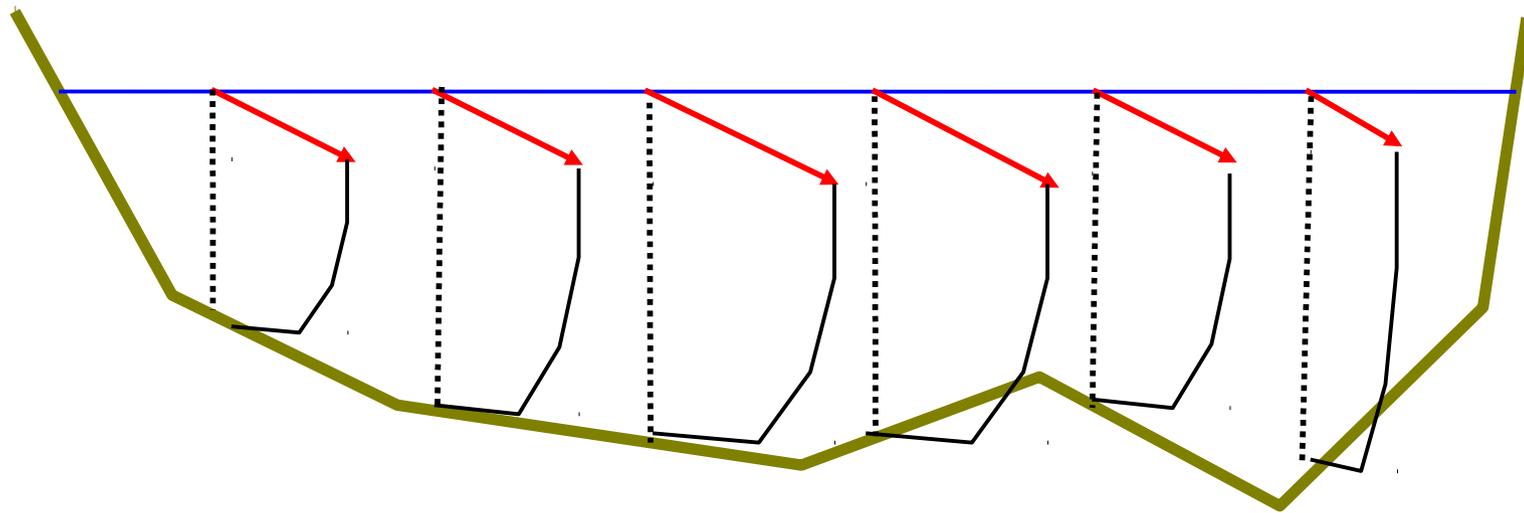


La différence de fréquence entre l'onde reçue et l'onde émise est proportionnelle à la vitesse de l'eau, projetée sur l'axe de visée du radar (effet Doppler)

L'onde électro-magnétique radar est réfléchiée par la surface rugueuse de l'écoulement, d'autant plus que l'angle d'inclinaison est grand

Des vitesses de surface au débit

Le SVR est pointé perpendiculairement à la section de jaugeage :
il fournit directement les vitesses normales (il est auto-composant)



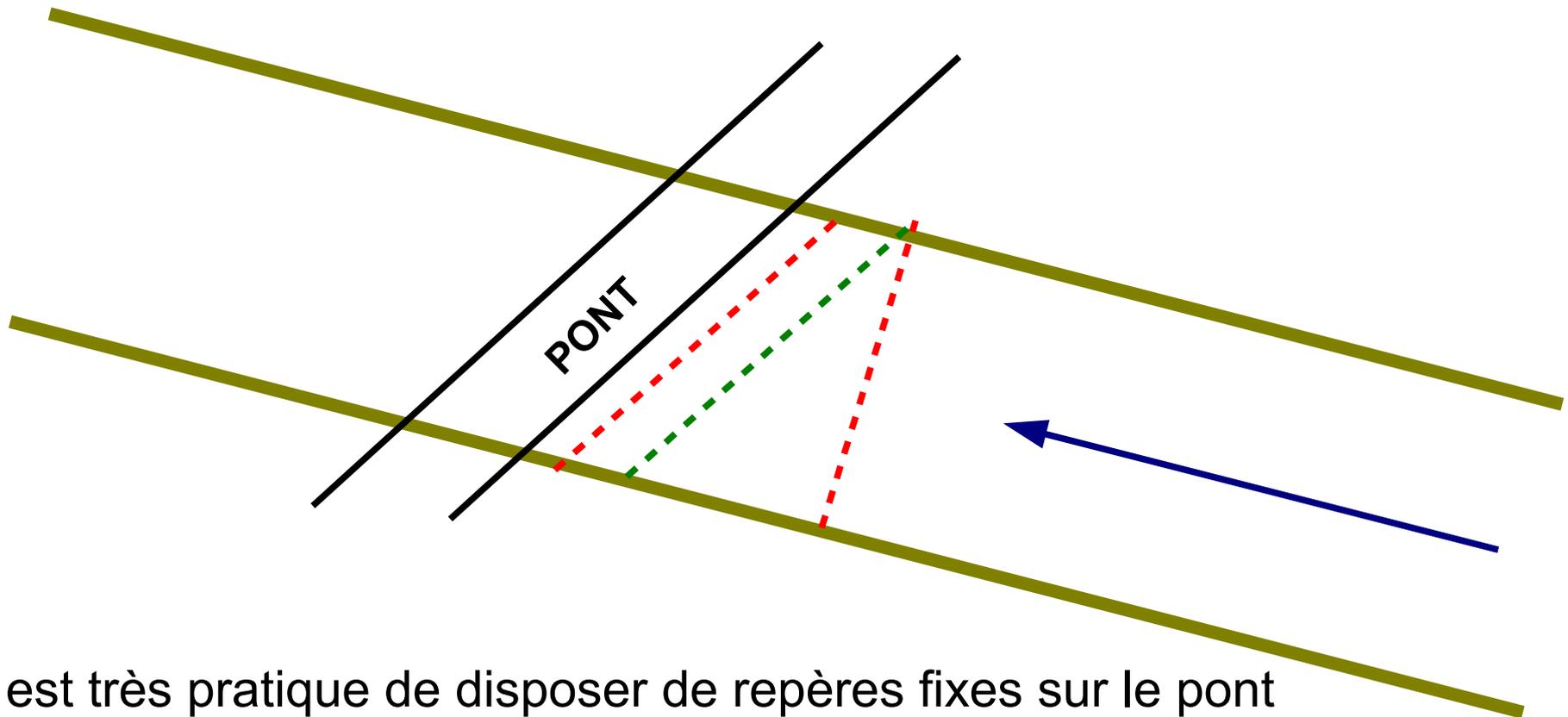
Coefficient de vitesse

Vitesse moyenne sur la verticale = α × vitesse en surface

Comme les flotteurs, la vidéo ou le saumon en surface, il s'agit d'un jaugeage de surface
→ méthode d'exploration du champ des vitesses en surface

Des vitesses de surface au débit

Le SVR est pointé perpendiculairement à la section de jaugeage :
il fournit directement les vitesses normales (il est auto-composant)



Il est très pratique de disposer de repères fixes sur le pont
pour caler les abscisses du SVR avec celles de la bathymétrie

Jaugeage sur un aller-retour (1 verticale sur 2)

Les jaugeages par radar portable en France

Les pionniers en 2009-2010...



Jaugeages de la Loire en crue
Jumelles EuroLaser de la gendarmerie
DREAL Centre – Marc Rieux



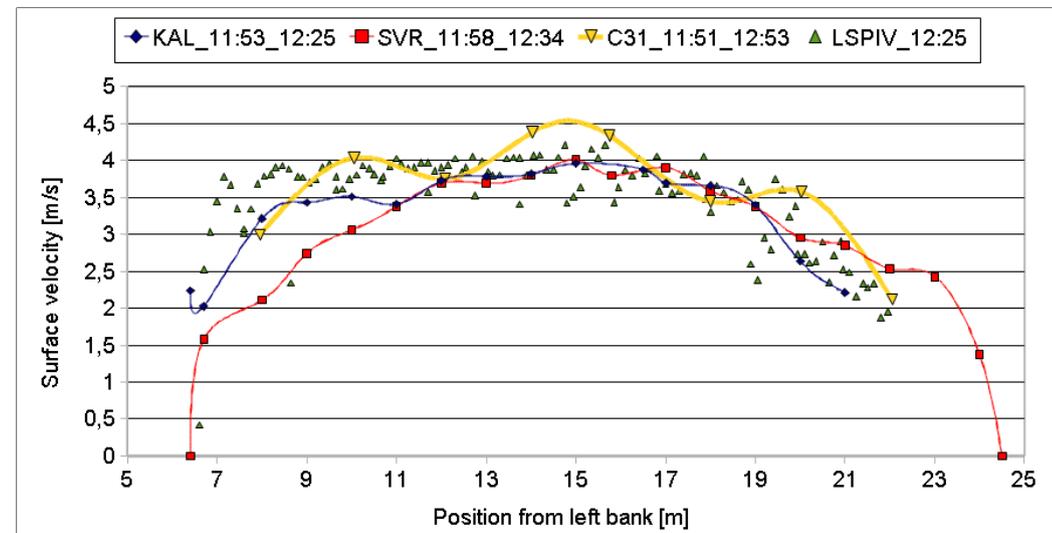
Jaugeages de la chasse de l'Arc
Kalesto v Ott sur support amovible
Irstea Lyon – G. Dramais, J. Le Coz



Jaugeages de l'Ain
Kalesto v Ott sur cyclopotence
DREAL Rhône-Alpes – Patrick Duby

Les jaugeages par radar portable en France

2011 : le tournant du SVR Decatur et les premières validations...



Premiers jaugeages au SVR Decatur
Chasse de l'Arc – juin 2011
Prof. John Laronne, Université Ben Gourion

Validation des vitesses en surface
Comparaison C31 (DREAL RA), LSPIV
(vidéo), SVR, Kalesto

Irstea a proposé un protocole terrain et
des recommandations pratiques
→ intranet SCHAPI
→ site projet FloodScale

→ des écarts max de 10 %
→ des erreurs locales (obstacles)
→ nécessité d'un écho radar suffisant

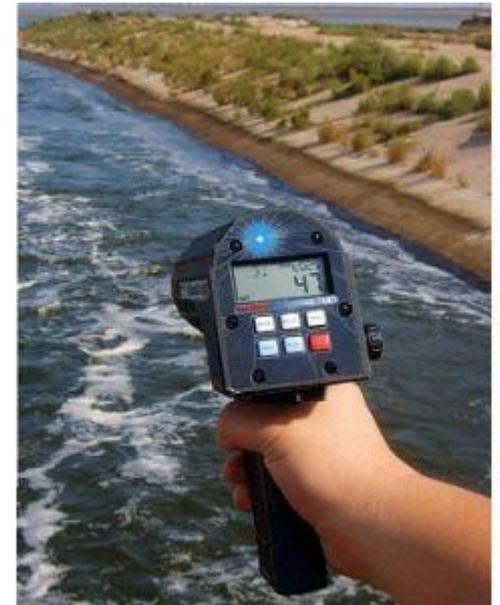
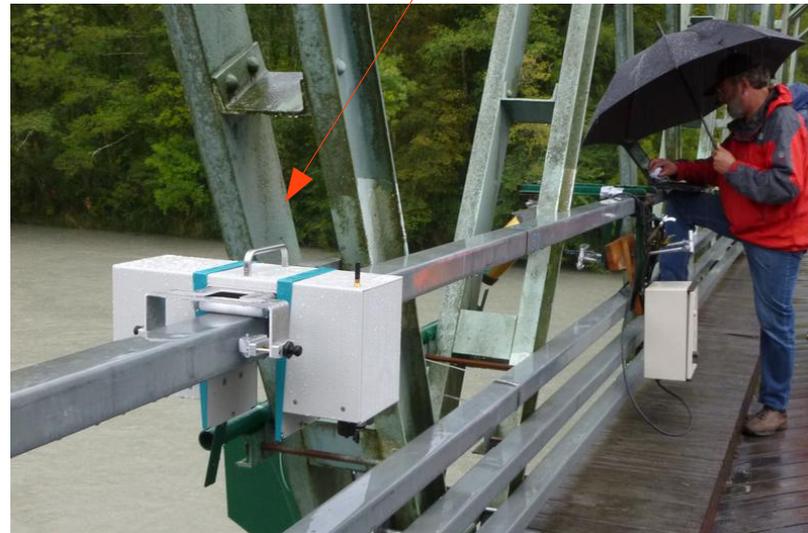
Les jaugeages par radar portable en France

La généralisation de l'outil dans les services...
... et la recherche d'autres produits !



Intercomparaison 11 SVR
Génissiat 2012

Sommer RQ30 portable

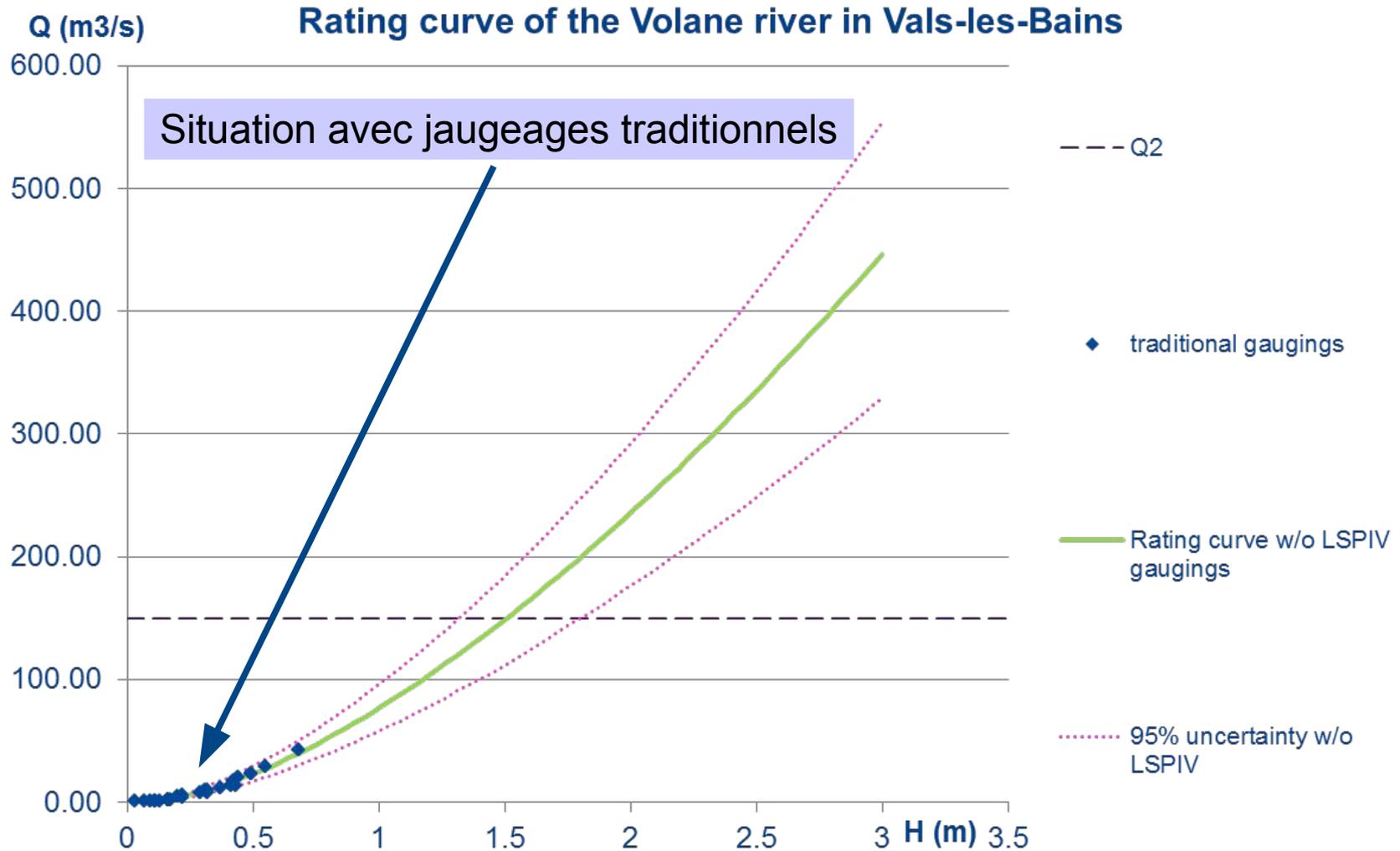


Stalker Pro II

Monsieur Sommer

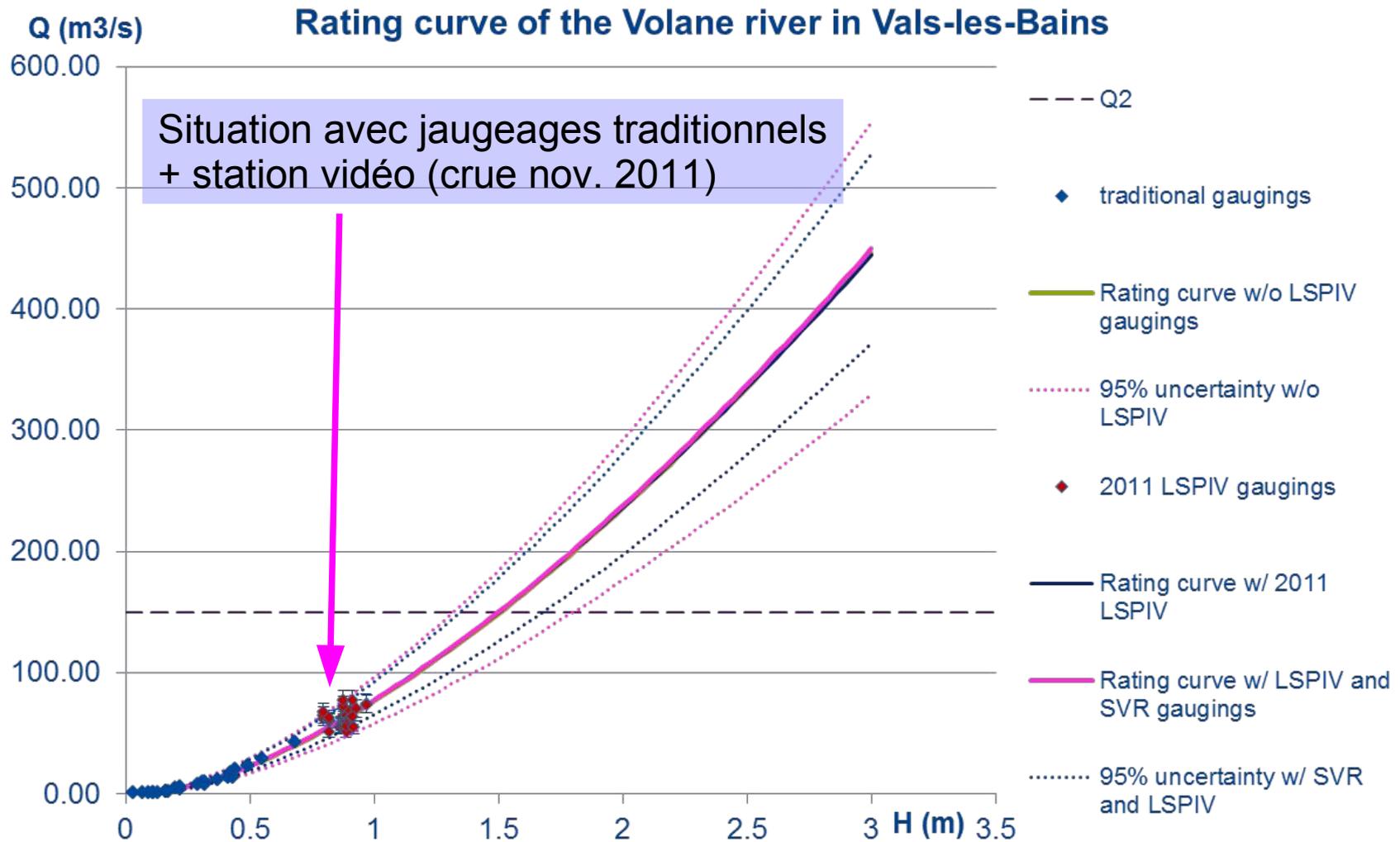
Jaugeages SVR : amélioration des courbes de tarage

La Volane à Vals-les-Bains : analyse BaRatin



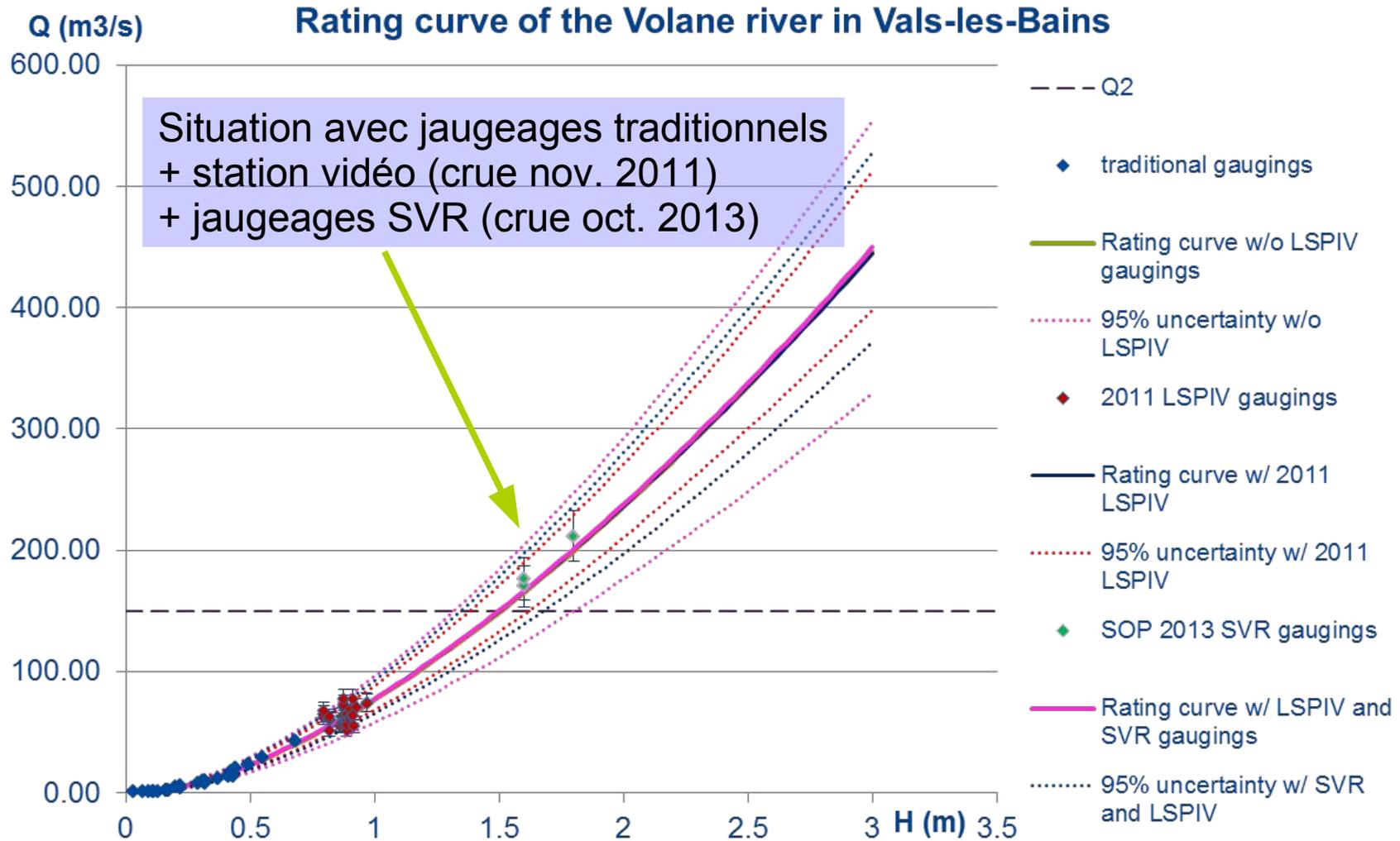
Jaugeages SVR : amélioration des courbes de tarage

La Volane à Vals-les-Bains : analyse BaRatin



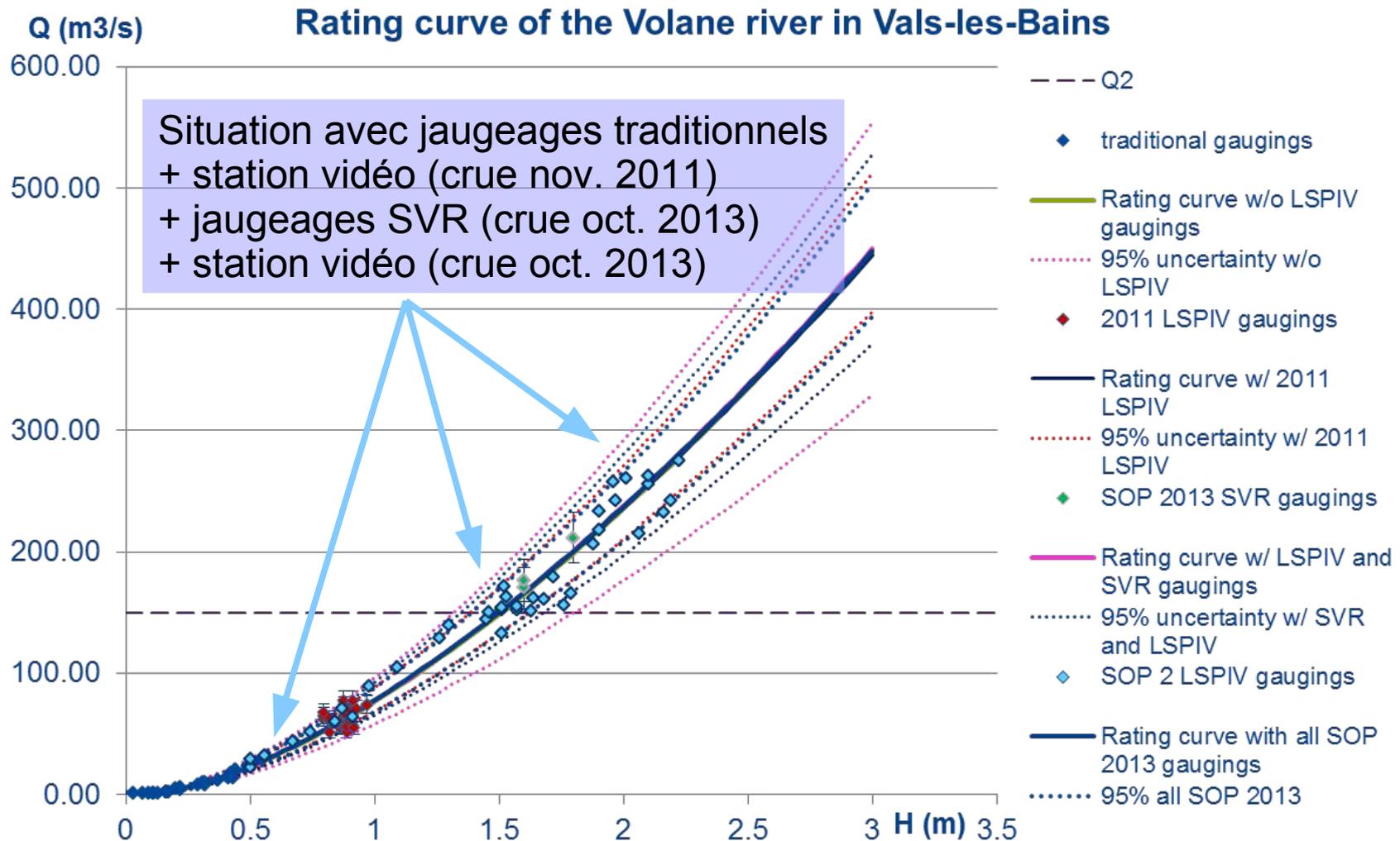
Jaugeages SVR : amélioration des courbes de tarage

La Volane à Vals-les-Bains : analyse BaRatin



Jaugeages SVR : amélioration des courbes de tarage

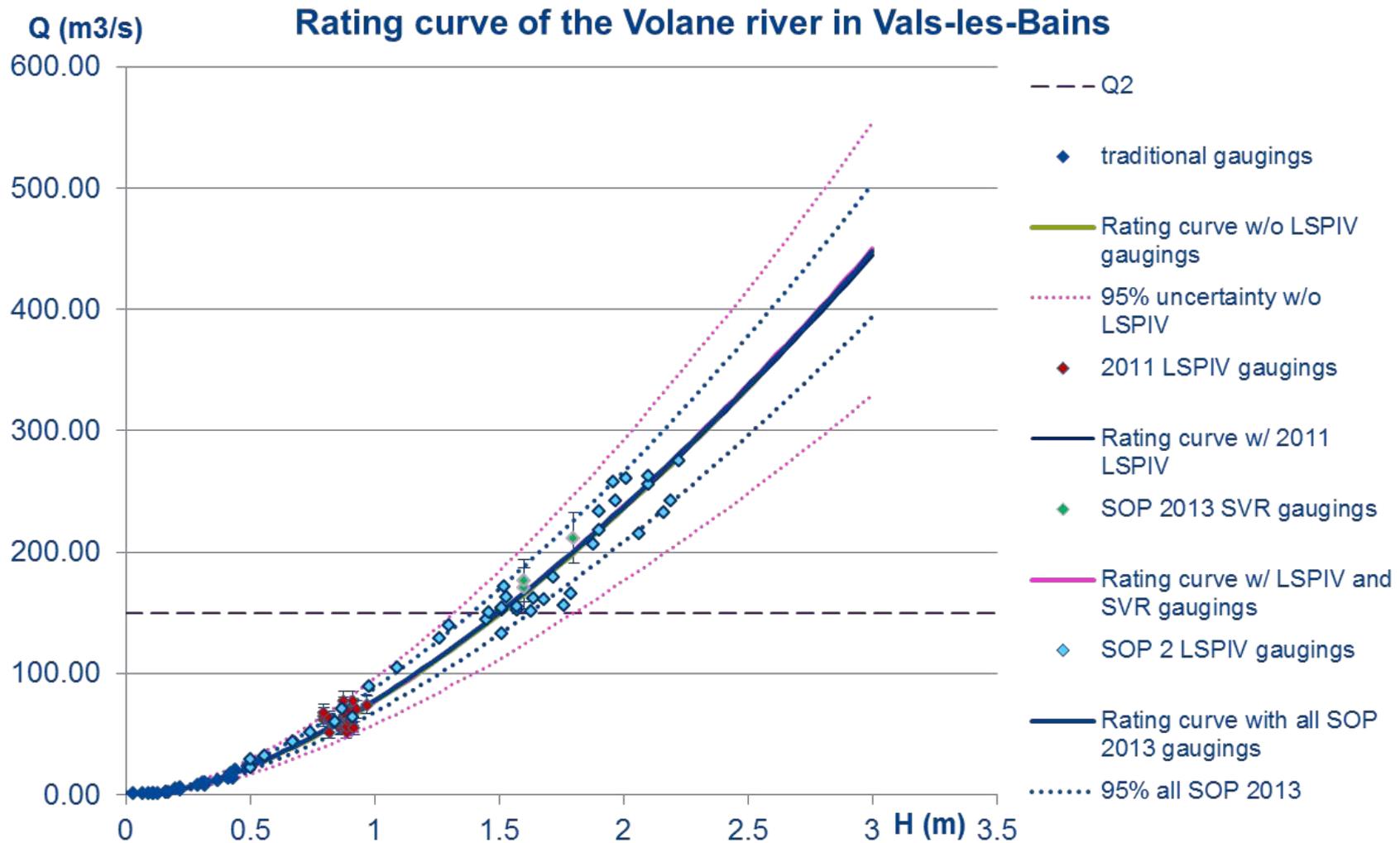
La Volane à Vals-les-Bains : analyse BaRatin



Jaugeages LSPIV sur images de nuit, restant à valider !

Jaugeages SVR : amélioration des courbes de tarage

La Volane à Vals-les-Bains : analyse BaRatin



Ici, les jaugeages SVR et la station vidéo ont permis de :

- confirmer la courbe de tarage initialement construite avec BaRatin
- réduire l'incertitude de 30% pour une hauteur de 1,5m (~ Q2, incertitude de 25%)



Les jaugeages par radar SVR : bilan aujourd'hui

Une technique de jaugeage très performante pour les crues, aujourd'hui reconnue comme incontournable

Une incertitude sur V et Q sans doute meilleure que 10 %

Un instrument (Decatur) pratique, fiable, peu onéreux...

... mais qui présente des défauts gênants
(erreurs d'inclinomètre, sensibilité à la pluie, vitesses aberrantes non filtrées, pas de sortie PC...)

→ négociations (difficiles) avec le fournisseur

→ recherche de solutions alternatives



Les jaugeages par radar SVR : bilan aujourd'hui

Des pratiques sur le terrain qui s'écartent peu des méthodes traditionnelles et du protocole proposé

Mais des pratiques divergentes pour le dépouillement des mesures !

→ les logiciels de jaugeage traditionnels comme BAREME ne sont souvent pas complètement adaptés au jaugeage par flotteur ou SVR

→ les hydromètres n'ont pas l'habitude de dépouiller en routine des jaugeages où vitesse et profondeur n'ont pas été mesurées en même temps au même endroit

→ différentes options existent pour tenir compte de la correction d'inclinaison et du coefficient de vitesse en surface

Dépouillement SVR sous BAREME

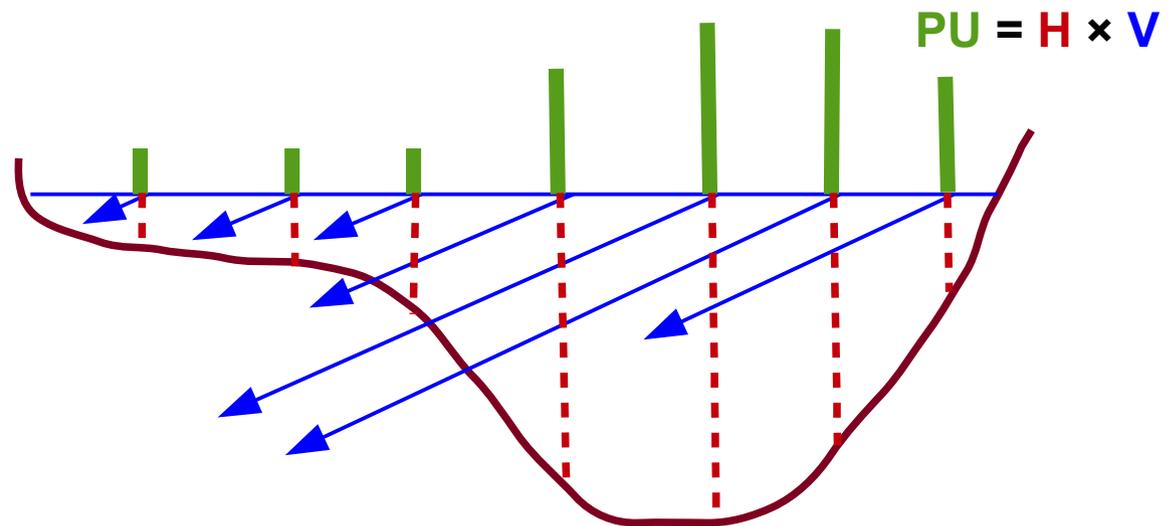
Réalisé sans trucage !

3 exemples de pratiques existantes divergentes :

Jaugeur « A » : Moyenne arithmétique des vitesses de surface, multipliée par la section mouillée issue de BAREME

- la moyenne des vitesses n'est pas égale à la vitesse moyenne débitante !
- les valeurs usuelles du coefficient de vitesse ne s'appliquent plus !

Vu en vrai !



En général : sous-estimation de la vitesse moyenne → surestimation du coefficient

Dépouillement SVR sous BAREME

3 exemples de pratiques existantes divergentes :

Jaugeur « B » : Saisie de vitesses de surface déjà corrigées par le coefficient de surface

→ problème de traçabilité : l'utilisateur de la base ne sait plus quel coefficient a été retenu sans remonter aux fiches terrain



Réalisé sans trucage !



Vu en vrai !

α ????

Dépouillement SVR sous BAREME

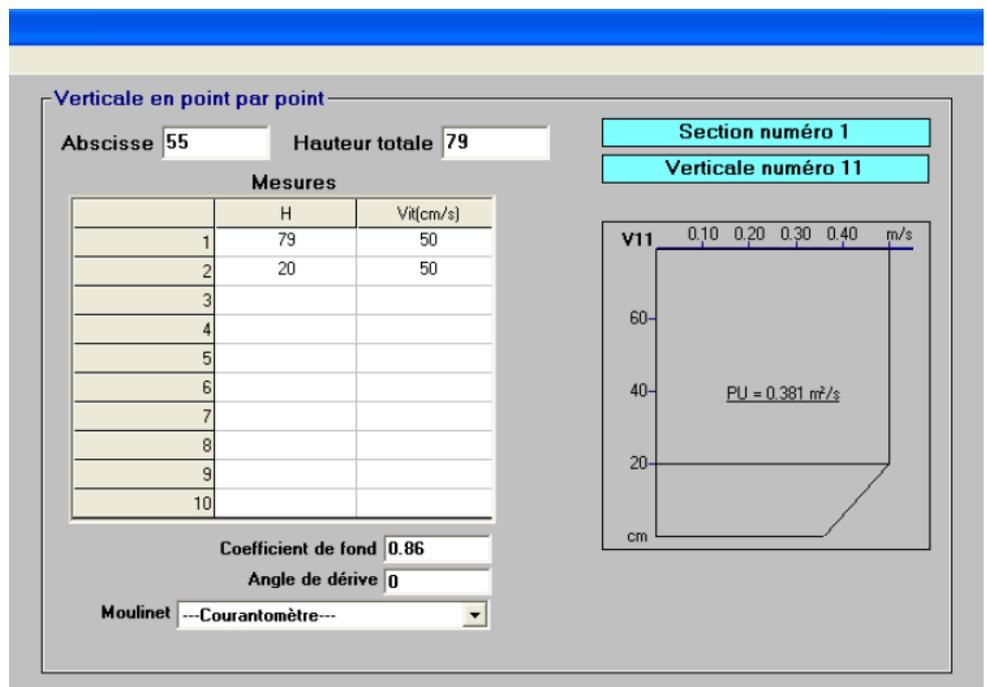
Réalisé sans trucage !

3 exemples de pratiques existantes divergentes :

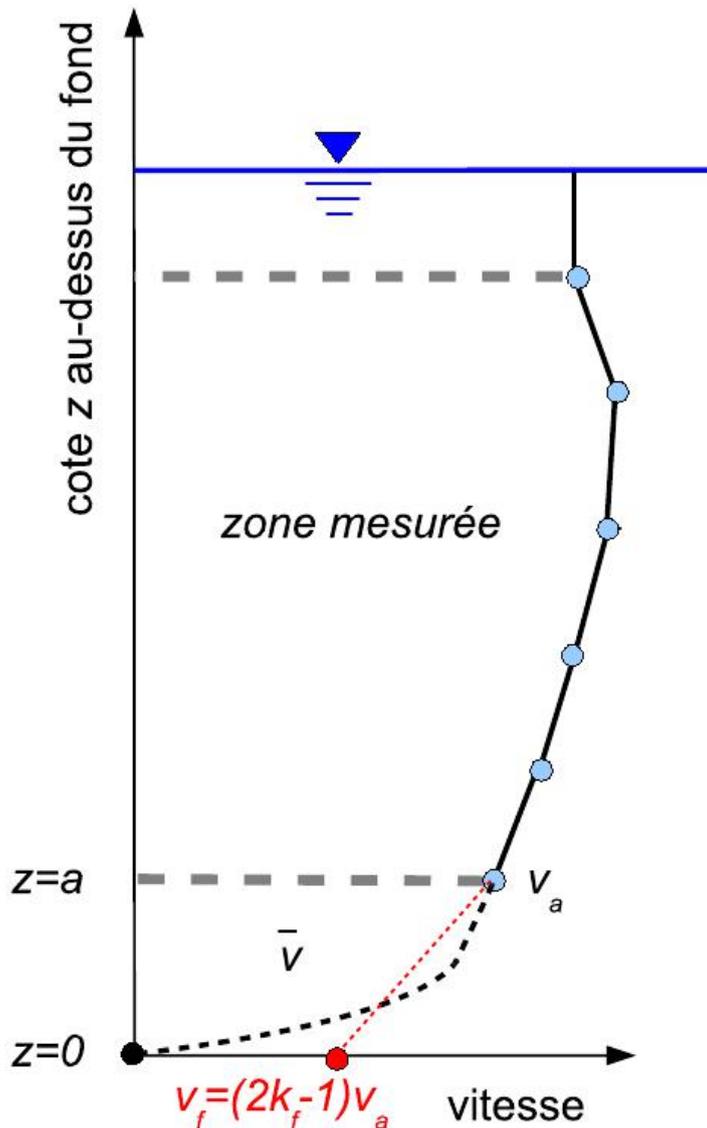
Jaugeur « C » : Application de la vitesse corrigée sur une partie de la hauteur d'eau, en appliquant une extrapolation de fond pour corriger le coefficient de vitesse

- problème de traçabilité du coefficient de surface
- correction arbitraire du coefficient correcteur : difficile à justifier !

Vu en vrai !



Extrapolation dans la couche de fond



ISO748 → Hypothèse d'une distribution verticale des vitesses selon une loi en $z^{1/m}$

Calage de cette loi puissance sur :

- la vitesse la plus basse (Barème)
- la portion de profil mesurée (WinRiver)

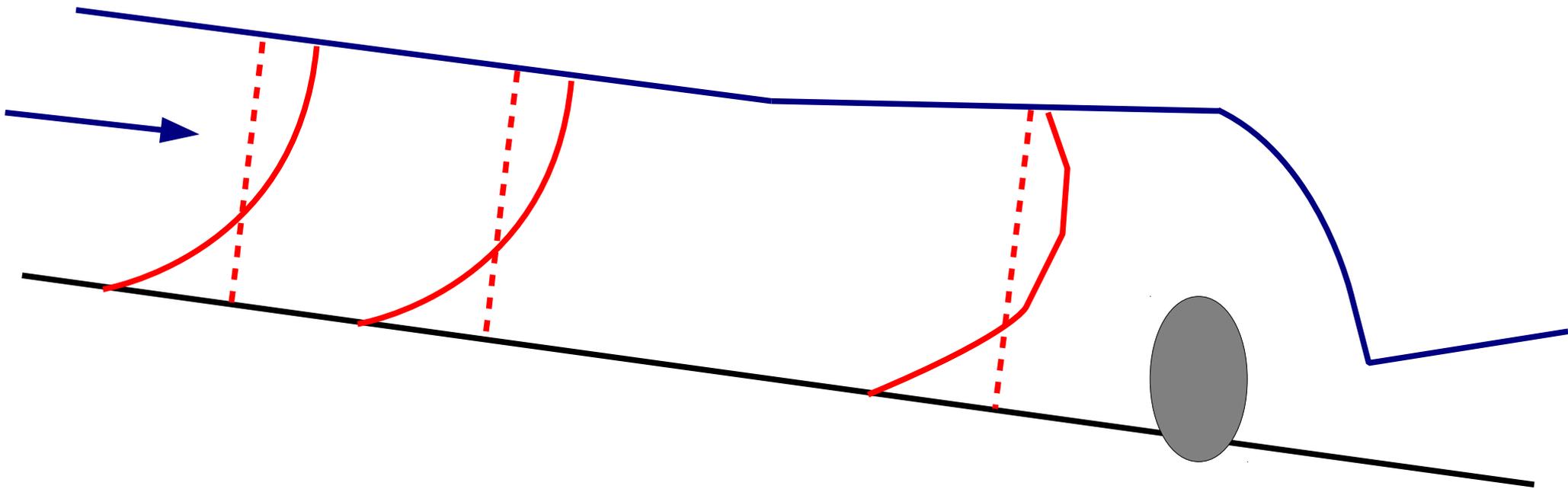
$$k_f = \frac{m}{m+1}$$

Cas particulier du jaugeage de surface :
→ la vitesse la plus basse est mesurée en surface

Coefficient de vitesse (α) et régime uniforme

En cas d'écoulement non-uniforme, le profil vertical des vitesses « rebique » souvent vers la surface $\rightarrow \alpha$ augmente (vers 1, voire au-delà)

Idem pour les sections étroites (typiquement $L/H < 5-10$)



Coefficient de vitesse (α) selon la rugosité de l'écoulement

La rugosité de l'écoulement dépend du rapport entre la hauteur des macro-rugosités du fond

Exemples :

Arc-en-Maurienne → galets (20 cm) sur 2-3 m → rugueux

Saône à Lyon → galets (10 cm) sur 12 m → lisse

Mékong à Luang Prabang → dunes de sables (1 m) sur 12 m → rugueux

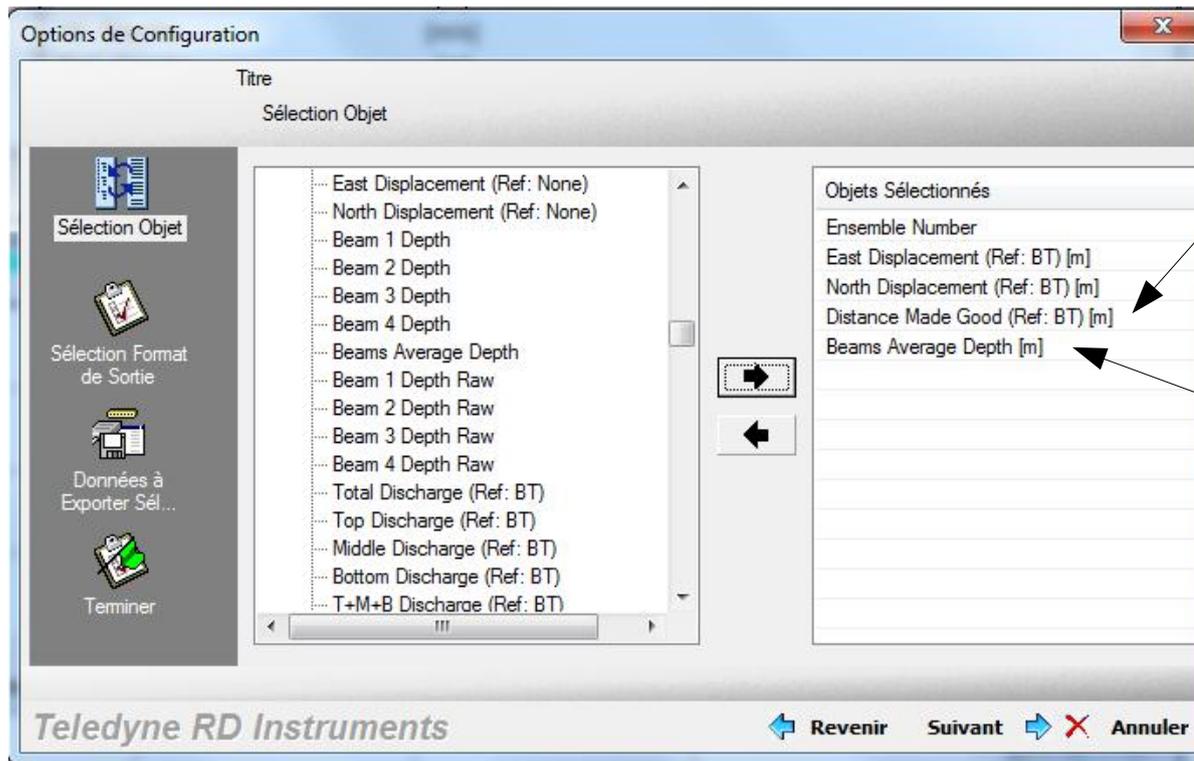
Type d'écoulement	moyen	lisse	rugueux	très rugueux	cas extrême
Paramètre m (ISO748)	6 – 7	10	4	2 – 3	
$\alpha = m / (m+1)$ (coefficient de vitesse)	0,86 – 0,87	0,91	0,80	0,67 – 0,75	0,60 – 1,2

Dépouillement recommandé du SVR sous BAREME

A faire au préalable, en dehors de BAREME

→ établissement d'une bathymétrie de la section de mesure du SVR :

- levés topo
- jaugeages classiques
- jaugeages ADCP : export WinRiver2



Distance à la corde
(Made Good
Ref. BT)

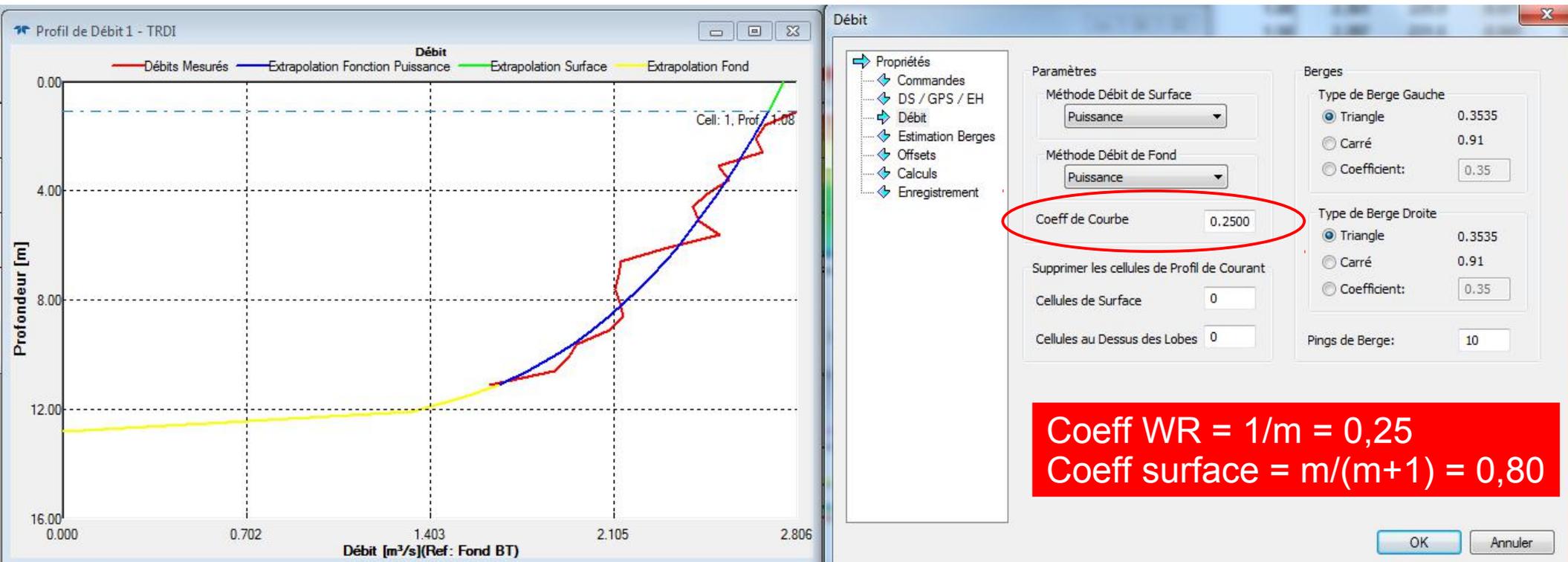
Profondeur
moyenne sur
les 4 faisceaux
(Beams
Average
Depth)

Dépouillement recommandé du SVR sous BAREME

A faire au préalable, en dehors de BAREME

→ choix d'un coefficient de vitesse

- jaugeages classiques : dépouiller en surface, ou ratio par verticale
- jaugeages ADCP : export WinRiver2, calage du profil de débit, logiciel EXTRAP (USGS)



Dépouillement recommandé du SVR sous BAREME

Type de jaugeage : point par point

Coefficient de fond = coefficient de surface

Saisie des vitesses de surface, déjà corrigées pour l'inclino
→ fonction « courantomètre » de BAREME

Options par défaut

Les verticales sont essentiellement traitées <input checked="" type="radio"/> en point par point <input type="radio"/> en intégration	Coefficients de rives <input type="text" value="0.67"/> Coefficients de fond <input type="text" value="0.85"/>
Unité des abscisses/profondeurs/... <input type="radio"/> Centimètres <input checked="" type="radio"/> Mètres <input type="radio"/> Abscisses en m / Profondeurs en cm	Moulinet utilisé <input type="text" value="---Courantomètre---"/>
Pour les verticales 'point par point' Le zéro est <input type="text" value=""/> <input checked="" type="radio"/> Au fond <input type="radio"/> En surface Sens des mesures <input type="radio"/> Descente <input checked="" type="radio"/> Montée Temps de comptage (s) <input type="text" value="30"/>	Pour les verticales par intégration Hauteur aveugle (m) <input type="text" value="7"/> Coefficient K tel que $V_{\text{prox fond}} = K \times V_{\text{moy}}$ <input type="text" value="0.7"/>

Dépouillement recommandé du SVR sous BAREME



Type de jaugeage : point par point

Coefficient de fond = coefficient de surface

Nouvelle
version
de
BAREME.

Options

Unité des abscisses/profondeurs/...

Centimètres
 Mètres
 Abscisses en m / Profondeurs en cm

Pour les verticales 'point par point'

Le zéro est : Au fond En surface

Sens des mesures : Descente Montée

Paramètres pour le calcul de l'incertitude

Us (%) UB (%) UD (%)

Valeurs proposées par défaut au moment de la saisie d'une nouvelle verticale

Type de verticale

Les verticales sont essentiellement traitées

en point par point
 en 1 points
 en intégration

Pour les verticales par intégration

Hauteur aveugle (m)

Coefficient K, tel que $V_{\text{prox fond}} = K \times V_{\text{moy}}$

Coefficients

	Kr	m
de rives	0.67	2
de fond	0.85	6

Pour les verticales en point par point

Temps de comptage (s)

Moulinet

---Courantomètre---

Ne pas choisir la formule algébrique à 1 point pour le SVR !

Assistance au choix du coefficient selon ISO748 :

$$4 < m < 10$$

En moyenne $m=6$



Dépouillement recommandé du SVR sous BAREME

Saisie d'une verticale :

- Concordance des abscisses profondeur / vitesses
- Vitesse de surface positionnée... à la surface
- Coefficient de fond = coefficient de surface

Verticale en point par point

Abscisse Hauteur totale

Mesures

	H	Vit(cm/s)
1	4.77	131
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

Coefficient de fond

Angle de dérive

Moulinet

Section numéro 1

Verticale numéro 1

Graph showing velocity profile (v1) versus depth (m). The x-axis is labeled v1 and ranges from 0 to 1.00 m/s. The y-axis is labeled m and ranges from 0 to 4. The profile shows a trapezoidal shape, indicating a velocity distribution. The area under the curve is labeled PU = 5.31 m²/s.

Rappel :

Le trapèze affiché n'est qu'un artifice de calcul !

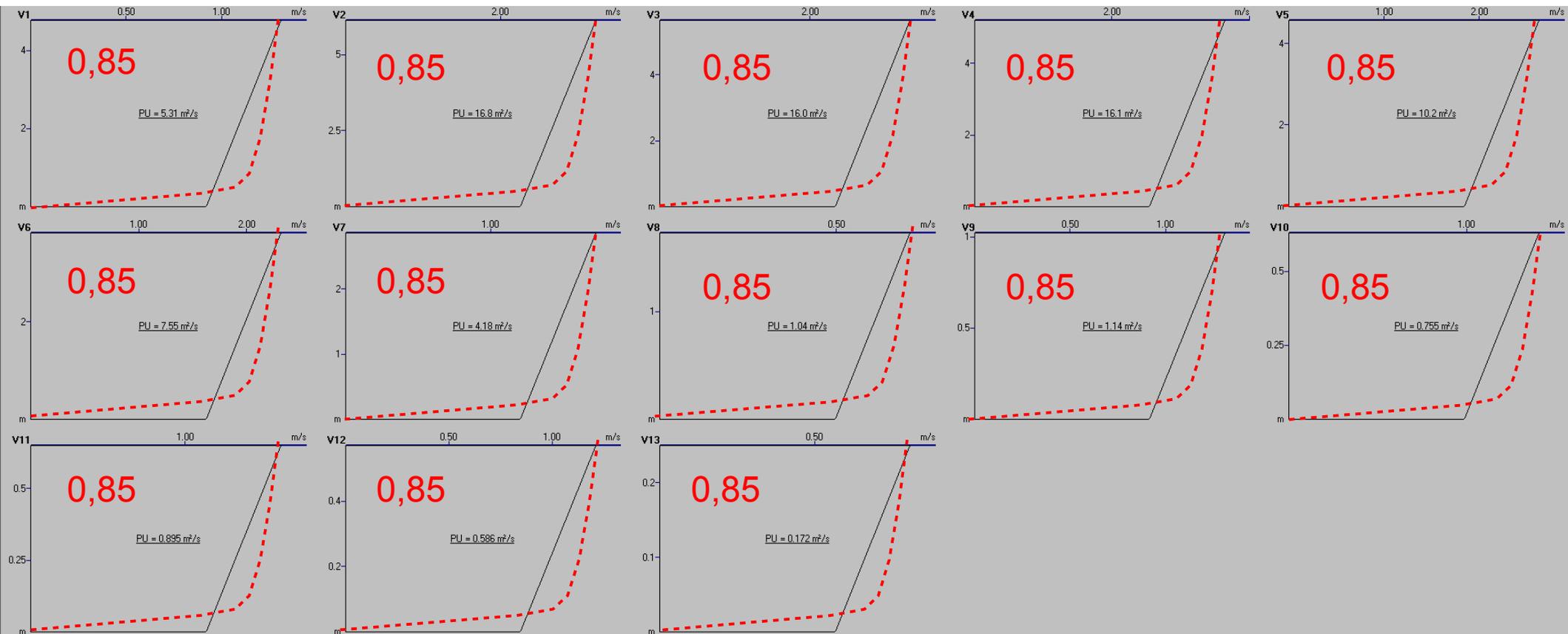
Son aire (PU) est égale à celle sous la loi puissance

La vitesse réelle est nulle à la paroi

Dépouillement recommandé du SVR sous BAREME

On fait de même pour toutes les verticales...

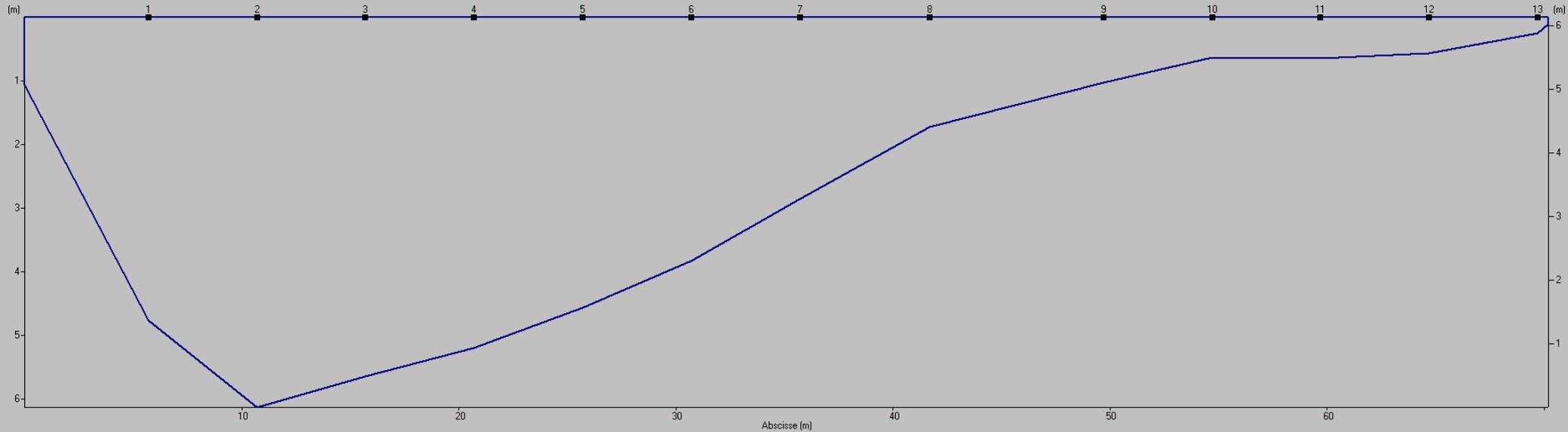
On ne change le coefficient de vitesse que si l'on a une bonne raison de le faire !



Dépouillement recommandé du SVR sous BAREME

Section numéro 1 Débit = 412. m3/s Vitesse moyenne = 2.06 m/s

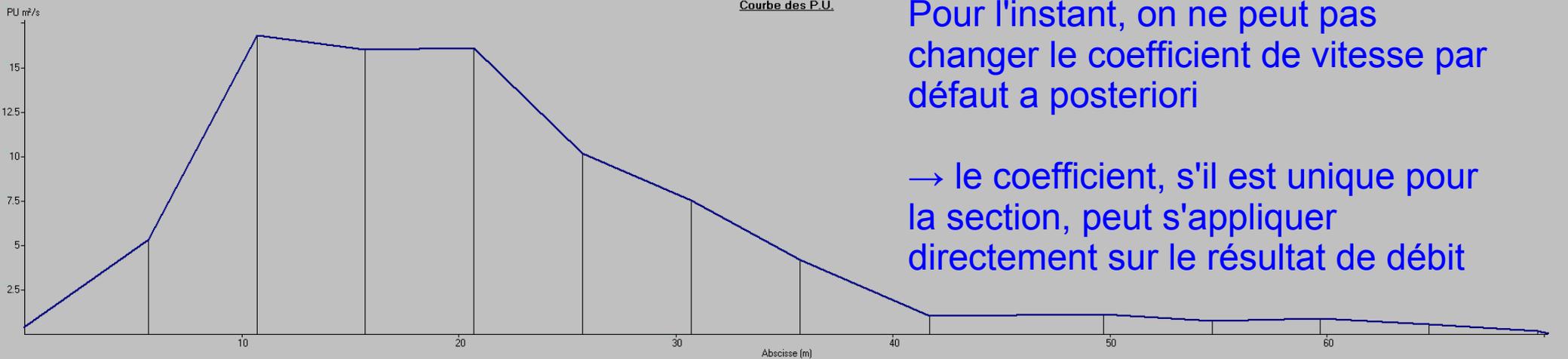
Profil en travers - Section = 200. m²



Courbe des P.U.

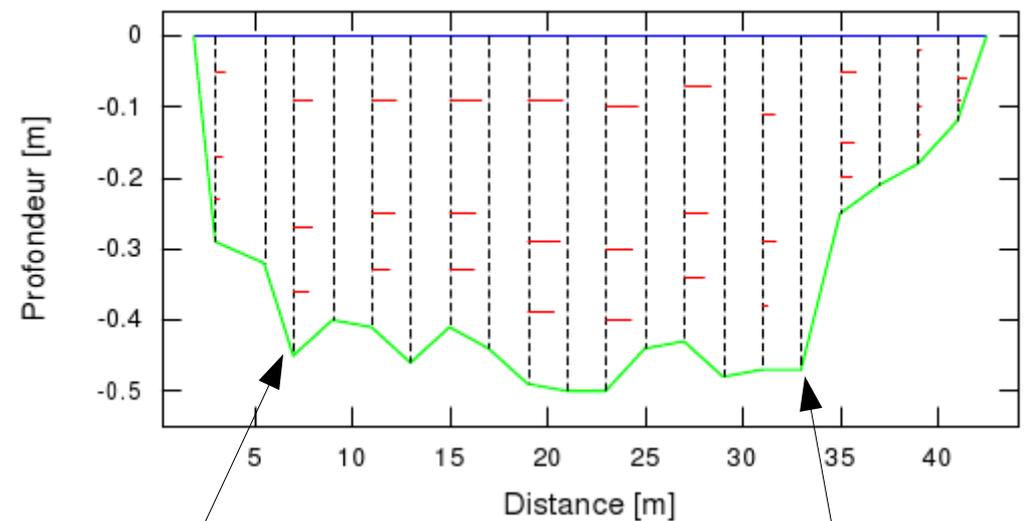
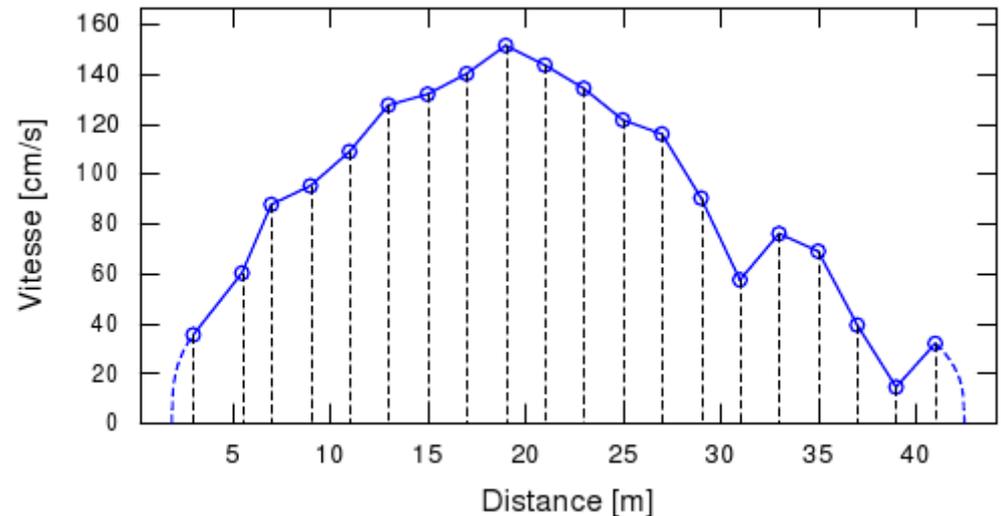
Pour l'instant, on ne peut pas changer le coefficient de vitesse par défaut a posteriori

→ le coefficient, s'il est unique pour la section, peut s'appliquer directement sur le résultat de débit



Perspectives de développements de BAREME

- calcul des **valeurs du coefficient de vitesse** pour les verticales d'un jaugeage traditionnel et affichage de tous les résultats disponibles pour la station
- **interpolation des profondeurs** sous les vitesses SVR à partir d'une section pré-enregistrée pour la station
- **calcul des sections mouillées** à partir d'une géométrie de section indépendante des mesures de vitesse (méthode « japonaise »)
- adaptation de la méthode Q+ d'analyse des **incertitudes** pour les jaugeages en surface



Verticale avec
mesure de vitesse

Verticale « bathymétrique »
sans mesure de vitesse

Merci pour votre attention.

Le SVR limite le risque de rentrer bredouille d'un jaugeage de crue...

... comme les bons vieux flotteurs !

