



Compagnie Nationale du Rhône

L'ÉNERGIE À L'ÉTAT PUR

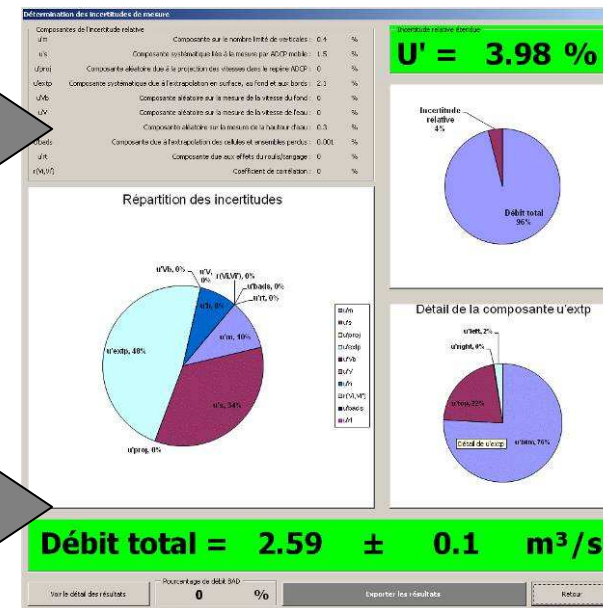
Incertitude des mesures de débit par aDcp mobile

-

Outil d'aide à la décision



Disposer d'un outil opérationnel pour l'estimation de l'incertitude d'un jaugeage aDcp





- Bref Historique
- Mesures de débit par aDcp mobile
- Incertitudes appliquées à l'aDcp mobile
- Automatisation du calcul d'incertitudes
- Exemples
- Synthèse et Perspectives



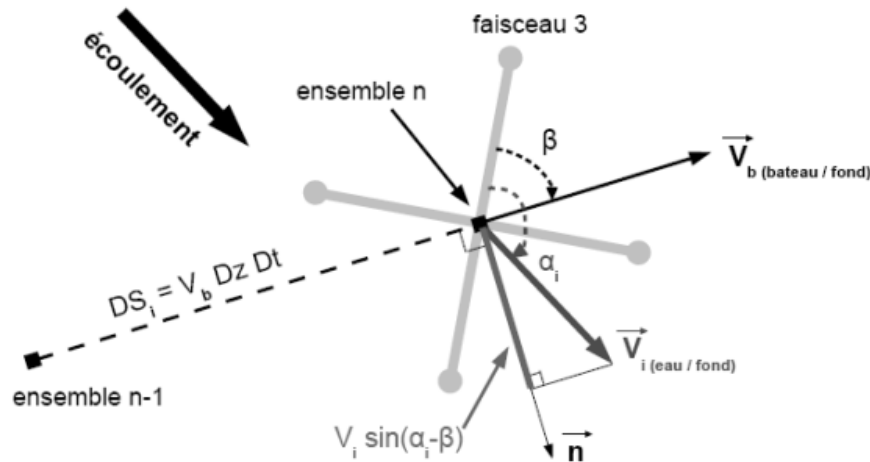
MESURES DE DEBIT PAR ADCP MOBILE



- 1994 : 1^{er} ADCP
- 1994-2004 : comparaison ADCP-Moulinet
- SHF 2008 : 5% en général, cas usuel pour un aDcp donné
- 2010 : cemagref-cnr analyse selon GUM et méthode manuelle
- 2011 : poursuite analyse selon GUM et méthode « automatique » version « bêta »

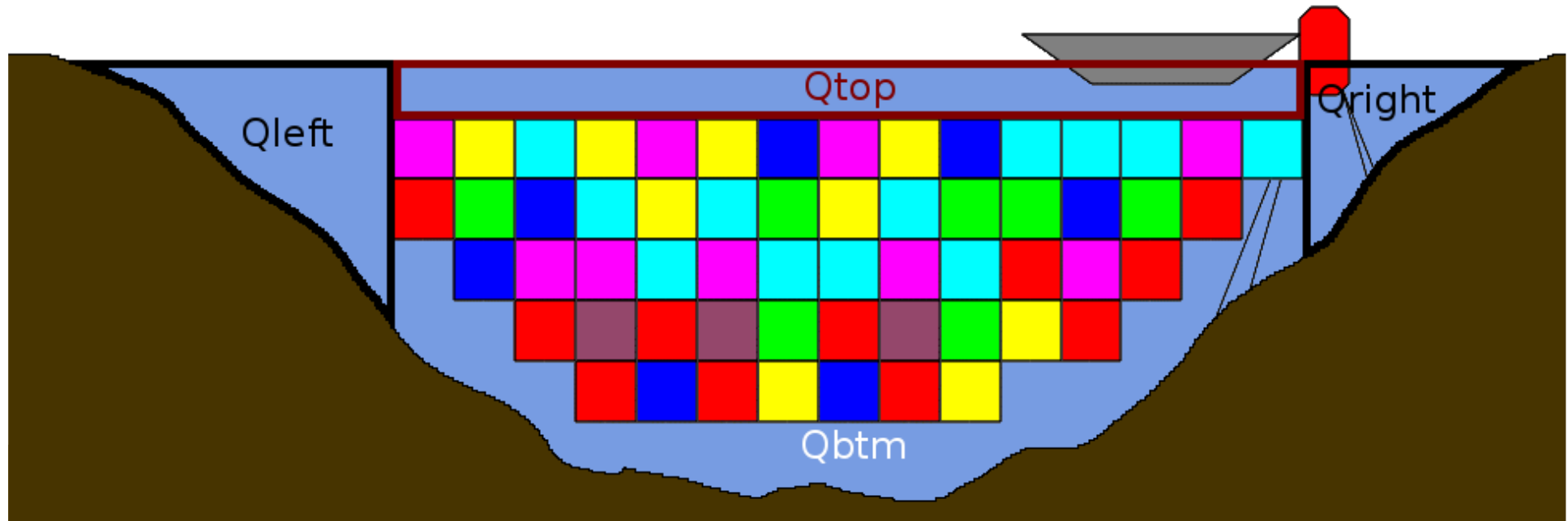


Mesures de débit par aDcp mobile



Étapes clés :

- Réaliser un jaugeage avec Winriver
- Critiquer les données
- Rejouer les données
- Exporter les données élémentaires ascii
- Lancer l'analyse incertitude





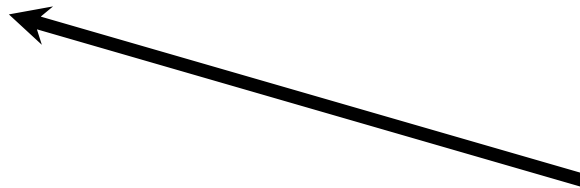
Expression de l'incertitude type :

$$u'^2(Q_{aDcp}) = u'_m{}^2 + u'_s{}^2 + u'_{extp}{}^2 + u'_{bads}{}^2 + u'_{proj}{}^2 + u'_{rt}{}^2 + \frac{1}{n_{ens}} \left\{ u'^2 V_b + \frac{1}{n_{bin}} [u'^2 V_i + u'^2 V_i r(V_i, V_i')(n_{bin} - 1) + u'_h{}^2] \right\}$$



Expression de l'incertitude type :

$$u'^2(Q_{aDcp}) = u_m'^2 + u_s'^2 + u_{extp}'^2 + u_{bads}'^2 + u_{proj}'^2 + u_{rt}'^2 + \frac{1}{n_{ens}} \left\{ u'^2 V_b + \frac{1}{n_{bin}} [u'^2 V_i + u'^2 V_i r(V_i, V_i')(n_{bin} - 1) + u_h'^2] \right\}$$



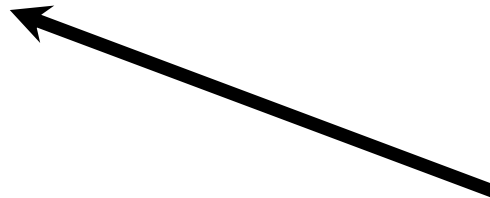
Influence du nombre d'ensembles
(vitesse de déplacement et nb
d'impulsions par ensemble)

0.2% à 1.5% selon les sites



Expression de l'incertitude type :

$$u'^2(Q_{aDcp}) = u_n'^2 + u_s'^2 + u_{extp}'^2 + u_{bads}'^2 + u_{proj}'^2 + u_{rt}'^2 + \frac{1}{n_{ens}} \left\{ u'^2 V_b + \frac{1}{n_{bin}} [u'^2 V_i + u'^2 V_i r(V_i, V_i')(n_{bin} - 1) + u_h'^2] \right\}$$



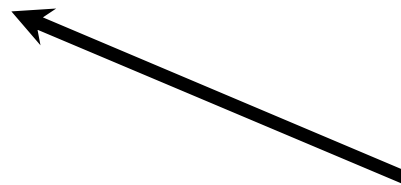
Précision intrinsèque sur la vitesse de déplacement bateau, vitesse de l'eau et profondeur sous l'aDcp

0.2% à 1.5% selon les sites



Expression de l'incertitude type :

$$u'^2(Q_{aDcp}) = u'_m{}^2 + u'_f{}^2 + u'_{extp}{}^2 + u'_{bads}{}^2 + u'_{proj}{}^2 + u'_{rt}{}^2 + \frac{1}{n_{ens}} \left\{ u'^2 V_b + \frac{1}{n_{bin}} [u'^2 V_i + u'^2 V_i r(V_i, V_i')(n_{bin} - 1) + u'_h{}^2] \right\}$$



Influence des extrapolations en berge, en surface ou au fond

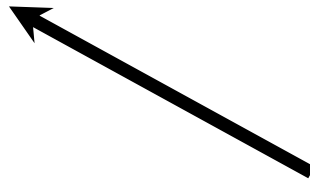
Très variable, 2%, 5%, 10% voir bcp +

Dépend de la section et du choix capteur



Expression de l'incertitude type :

$$u'^2(Q_{aDcp}) = u'_m{}^2 + u'_s{}^2 + u'_{extp}{}^2 + \underbrace{u'_{bads}{}^2}_{\text{circled}} + u'_{proj}{}^2 + u'_{rt}{}^2 + \frac{1}{n_{ens}} \left\{ u'^2 V_b + \frac{1}{n_{bin}} [u'^2 V_i + u'^2 V_i r(V_i, V_i') (n_{bin} - 1) + u'_h{}^2] \right\}$$



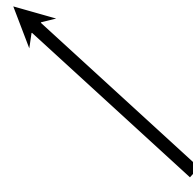
Influence des extrapolations des « bad »
(perte de mesure)

Souvent négligeable, dépend de la qualité
d'écoulement, 0% à 10%



Expression de l'incertitude type :

$$u'^2(Q_{aDcp}) = u'_m{}^2 + u'_s{}^2 + u'_{extp}{}^2 + u'_{bads}{}^2 + \underbrace{u'_{proj}{}^2}_{\text{Incertitude de la trajectoire}} + u'_{rt}{}^2 + \frac{1}{n_{ens}} \left\{ u'^2 V_b + \frac{1}{n_{bin}} \left[u'^2 V_i + u'^2 V_i r(V_i, V_i') (n_{bin} - 1) + u'_h{}^2 \right] \right\}$$



Influence de la trajectoire du bateau par rapport à l'écoulement

Souvent négligeable, dépend de la qualité d'écoulement, 0% à 100% (très faible vitesse)



Expression de l'incertitude type :

$$u'^2(Q_{aDcp}) = u'^2_m + u'^2_s + u'^2_{extp} + u'^2_{bads} + u'^2_{pro} + \underbrace{u'^2_{rt}}_{\text{Influence du tangage/roulis}} + \frac{1}{n_{ens}} \left\{ u'^2 V_b + \frac{1}{n_{bin}} [u'^2 V_i + u'^2 V_i r(V_i, V_i')(n_{bin} - 1) + u'^2_h] \right\}$$



Influence du tangage/roulis

Souvent négligeable, dépend du support aDcp et de la stabilité de l'embarcation



Expression de l'incertitude type :

$$u'^2(Q_{aDcp}) = u'^2_m + u'^2_s + u'^2_{extp} + u'^2_{bads} + u'^2_{proj} + u'^2_r + \frac{1}{n_{ens}} \left\{ u'^2 V_b + \frac{1}{n_{bin}} [u'^2 V_i + u'^2 V_i r(V_i, V_i')(n_{bin} - 1) + u'^2_h] \right\}$$

Terme de corrélation des mesures

Propre à la méthode aDcp et souvent négligeable moins de 0.3%



Expression de l'incertitude type :

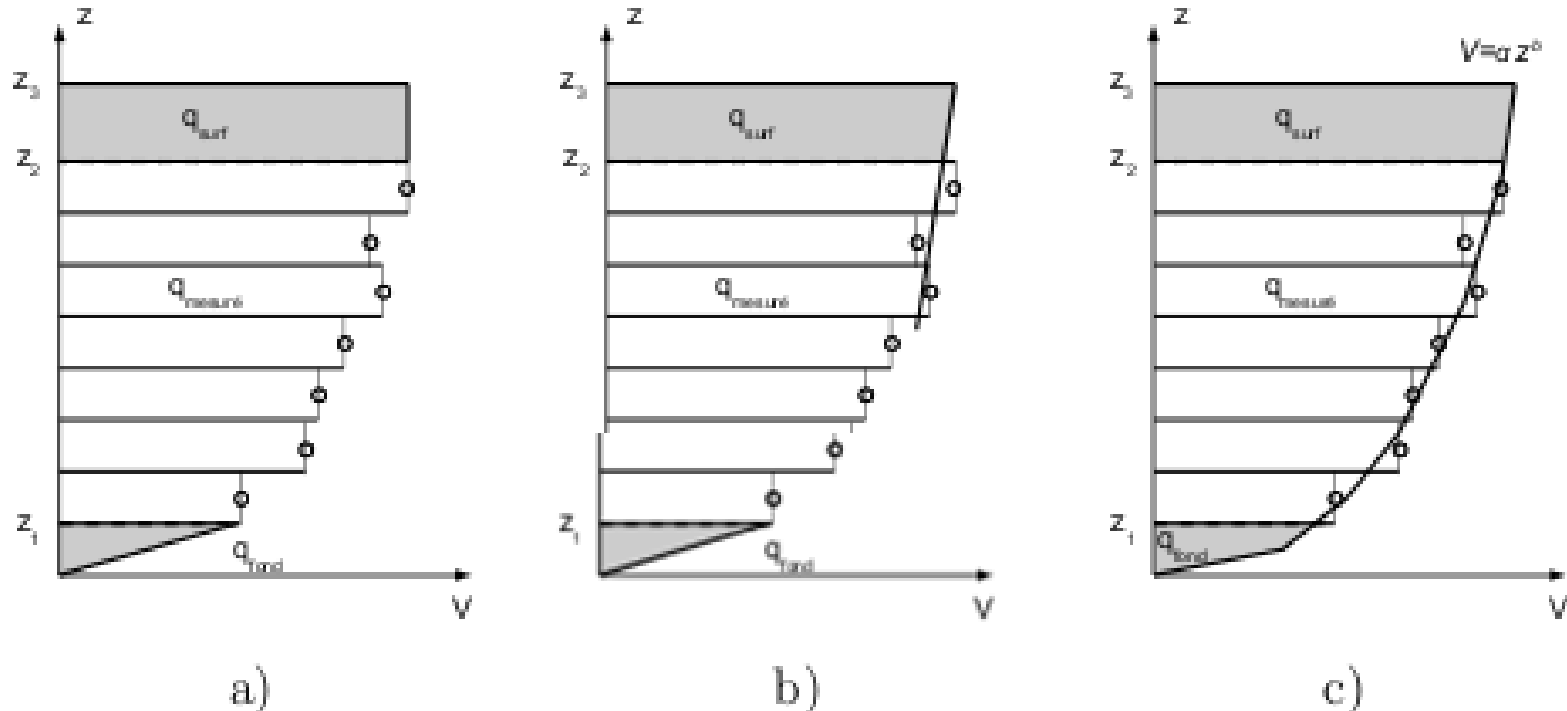
$$u'^2(Q_{aDcp}) = u'_m{}^2 + u'_s{}^2 + u'_{extp}{}^2 + u'_{bads}{}^2 + u'_{proj}{}^2 + u'_{rt}{}^2 + \frac{1}{n_{ens}} \left\{ u'^2 V_b + \frac{1}{n_{bin}} [u'^2 V_i + u'^2 V_i r(V_i, V_i')(n_{bin} - 1) + u'_h{}^2] \right\}$$

Dépend de la section et de la qualité
écoulement – facile à estimer

Souvent négligeable, peut être
importante en situations difficiles
très faibles ou très fortes vitesses

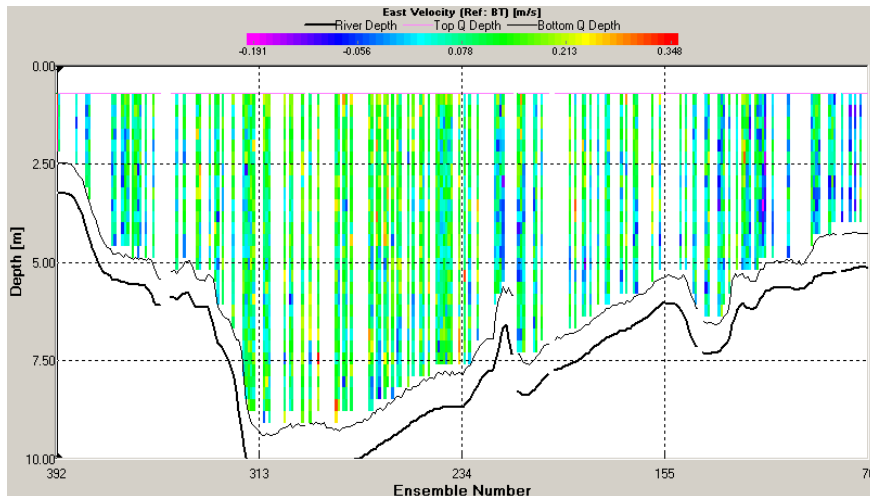
Part incompressible
0.5 à 2%

Négligeable < 0.3%

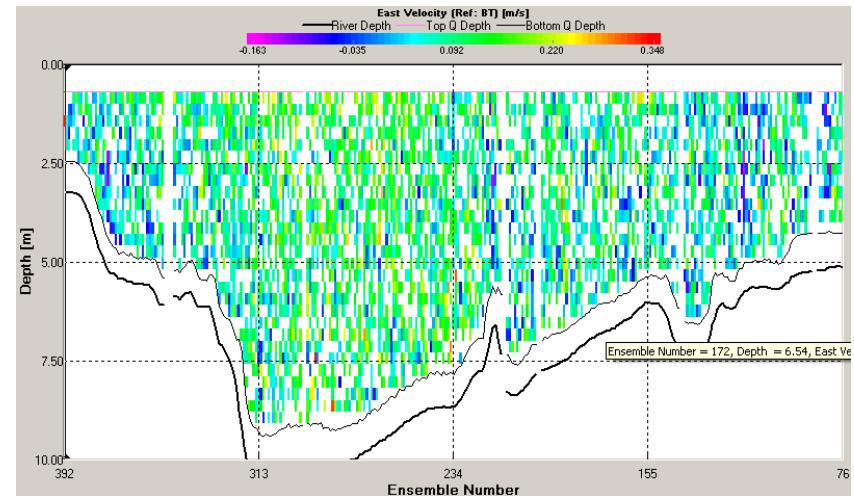


a) b) c)
Extrapolation : tests de sensibilités – écart mini/maxi retenu

Types de lois profil vertical de vitesse, hypothèses sur la forme des berges, estimation des laisses et/ou de l'enfoncement



Perte d'ensembles

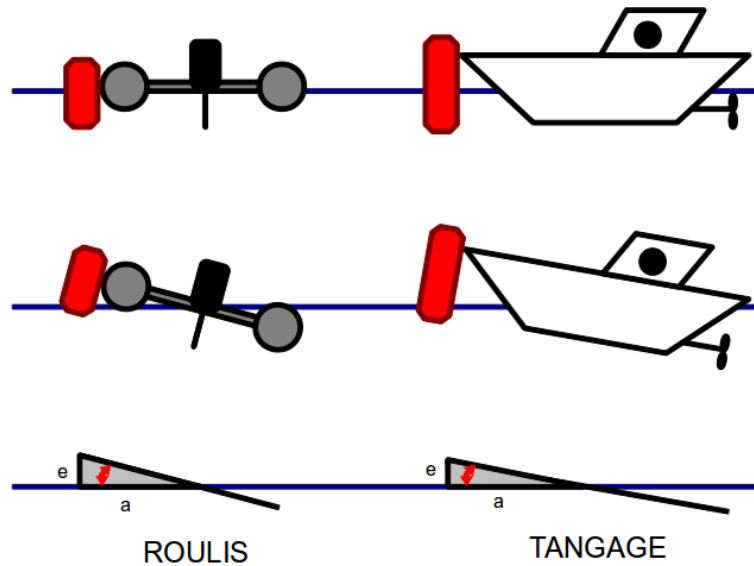


Perte de cellules

Prise en compte des « Bad » - perte de mesure

Test sur ensemble précédent ou suivant

Test loi puissance ou cellule haute/basse



Composante due aux effets de roulis et de tangage



Compagnie Nationale du Rhône
L'ÉNERGIE À L'ÉTAT PUR

Automatisation du calcul d'incertitudes



AUTOMATISATION DU CALCUL D'INCERTITUDES POUR ADCP MOBILE

The screenshot displays a multi-panel software interface for ADCP data processing. On the left, a 'Measurement' table lists various parameters like Depth, Velocity, and Discharge. In the center, a 'Velocity Contour' plot shows depth vs. distance with color-coded velocity values. To the right, a 'Navigation' summary provides details on boat speed, course, and duration. The main focus is an Excel spreadsheet titled 'Calcul des incertitudes' which includes a pie chart for 'Répartition des incertitudes' and a summary table showing a total discharge of $Q_{total} = 2.59 \pm 0.10 \text{ m}^3/\text{s}$ with 0% extrapolated discharge.

Depth [m]	East	North	Up	Error	%	Discharge [m³/s]
0.18	0.224	0.114	-0.027	0.192	100	0.000
0.23	0.048	0.007	0.029	0.019	100	0.000
0.28	0.071	0.064	0.038	0.200	100	0.000
0.33	0.157	0.227	0.019	0.090	100	0.000
0.38	0.006	0.057	0.023	0.284	100	0.000
0.43	0.165	0.155	0.000	0.079	100	0.000
0.48	0.025	0.146	0.040	0.021	100	0.000
0.53	0.187	0.169	0.004	0.039	100	0.000
0.58	0.271	0.038	0.004	0.034	100	0.001
0.63	BAD	BAD	BAD	BAD	BAD	BAD
0.68	BAD	BAD	BAD	BAD	BAD	BAD
0.73	BAD	BAD	BAD	BAD	BAD	BAD
0.78	BAD	BAD	BAD	BAD	BAD	BAD
0.83	BAD	BAD	BAD	BAD	BAD	BAD
0.88	BAD	BAD	BAD	BAD	BAD	BAD

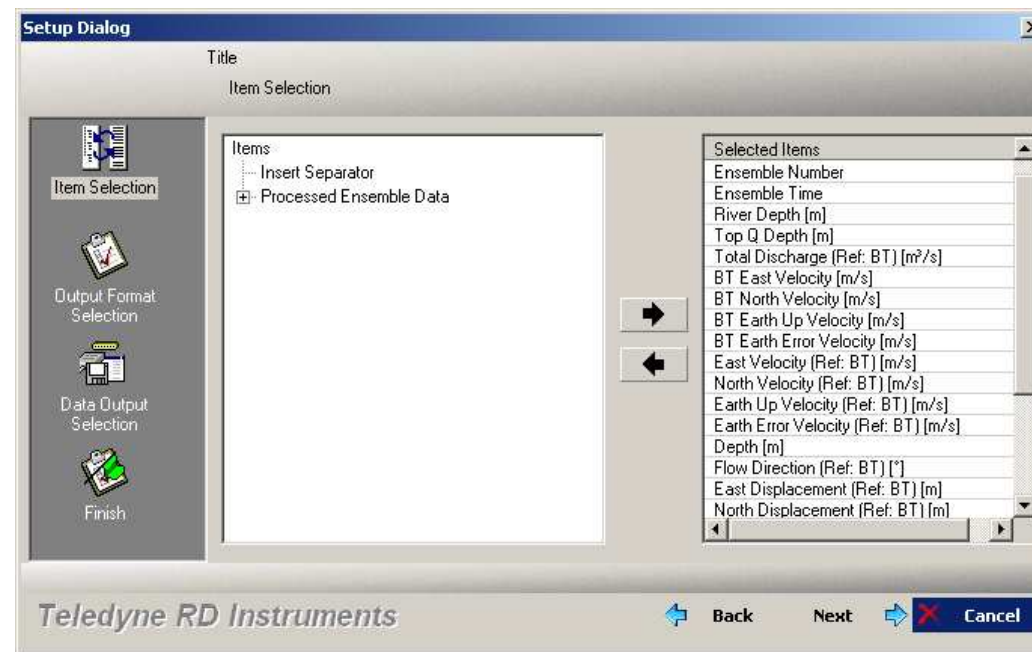
Boat Speed	0.040 [m/s]
Boat Course	334.72 [°]
Water Speed	0.141 [m/s]
Water Dir.	314.46 [°]
Calc. Depth	0.78 [m]
Length	13.35 [m]
Distance MG	12.28 [m]
Course MG	54.78 [°]
Duration	94.00 [s]
Latitude	NO DATA
Longitude	NO DATA

Good Bins	9
Top Q	0.588 [m³/s]
Measured Q	1.617 [m³/s]
Bottom Q	0.377 [m³/s]
Left Q	-0.011 [m³/s]
Right Q	0.002 [m³/s]
Total Q	2.574 [m³/s]

Q_{total}	$2.59 \pm 0.10 \text{ m}^3/\text{s}$
% de débit extrapolé	0%



1^{ère} étape : export ascii des « transect » *préalablement critiqués*





2ème étape : rejouer un « transect » et vérifier la cohérence débit recalculé et initial

Calcul du débit pour un transect

Résultats du calcul

Qmesuré	Qfond	Qsurf	Qdépart	Qarrivée	Qtotal	Qwinriver	m3/s
1.6173693	0.37746383	0.58777402	2.45713638	-1.08680863	2.57419620	2.57429729	

Voir le détail des résultats

Ecart avec WR: 0 %

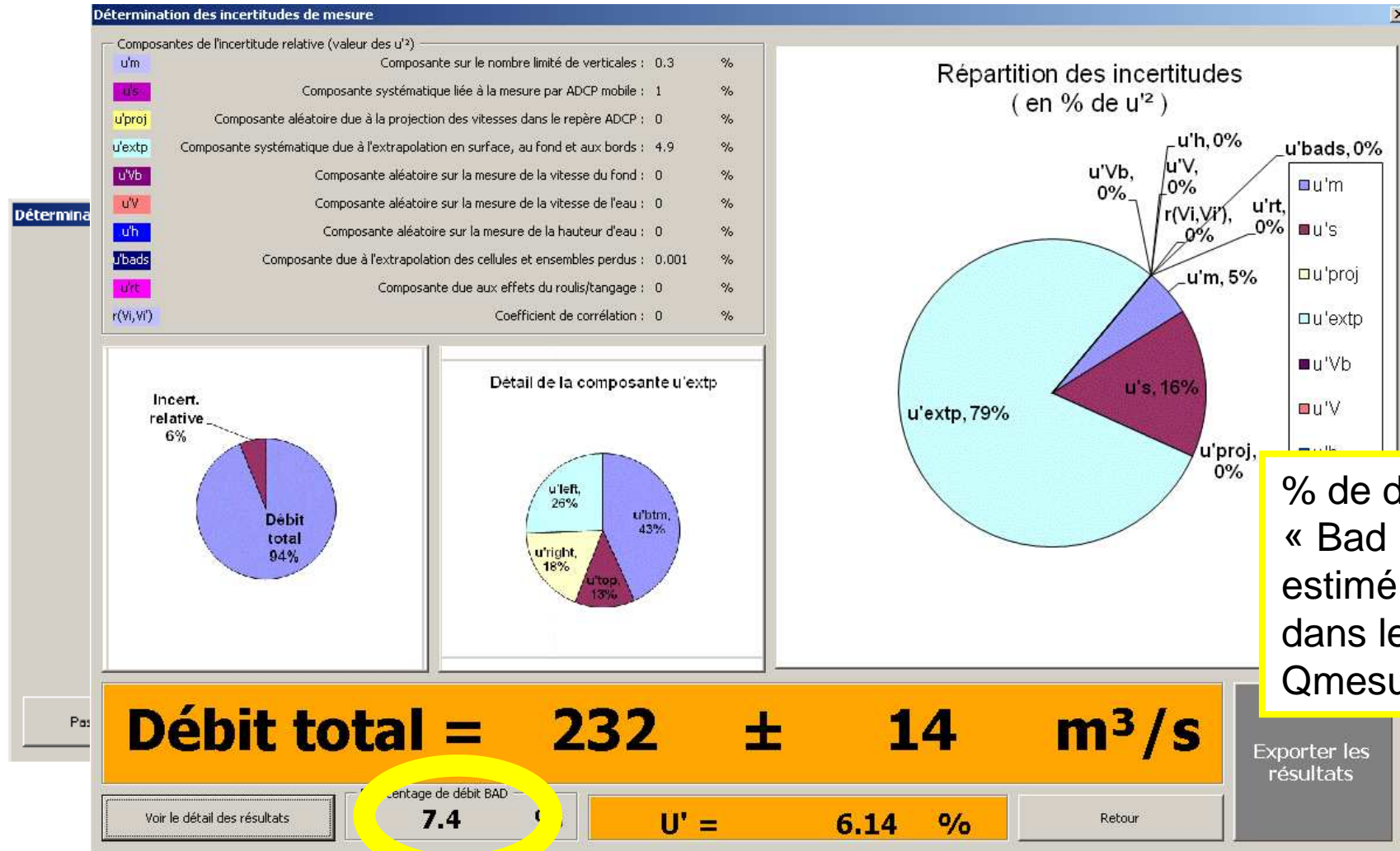
Retour

Passer en calculs manuels

Remettre les valeurs à leur état habituel

Paramétrage: Rapide Complet

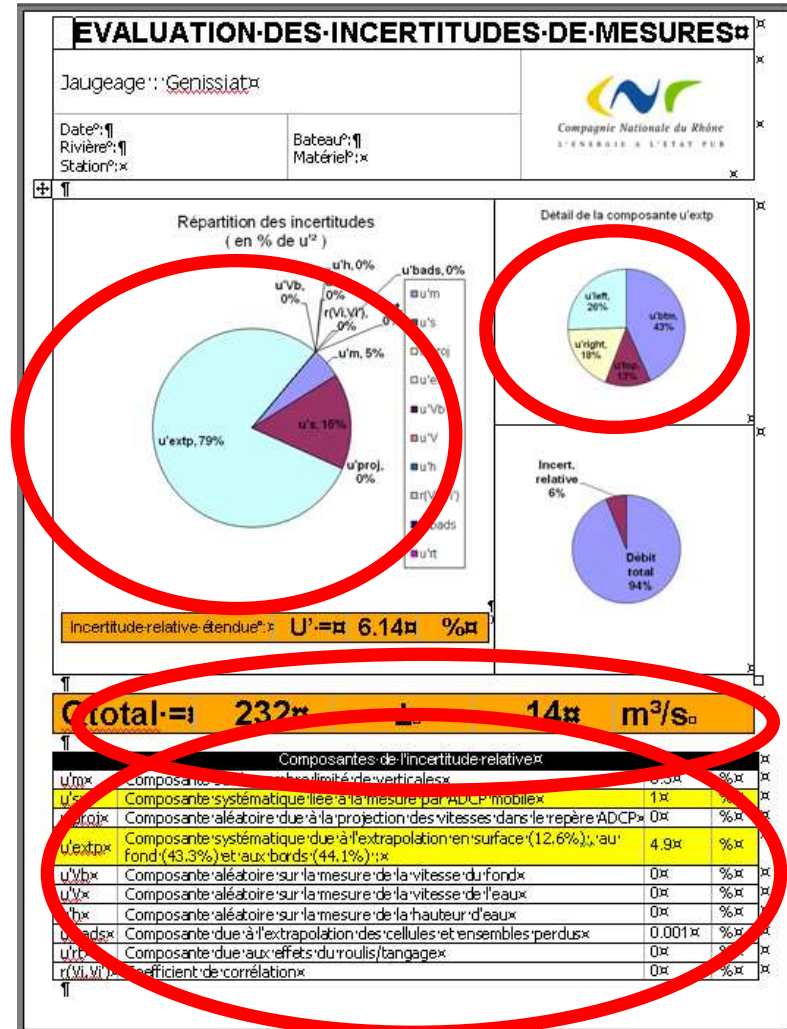
Annuler Calculer





Possibilité d'enregistrer ces résultats au format word pour archivage et relectures ultérieures

Répartition des incertitudes
Débit total et son incertitude
d'incertitudes sous détails
Vert < 5% Orange < 7% Rouge > 7%
extrapolation surf/fond/berge





Paramètres ajustables (base)

- Incertitude sur enfoncement (+/-xx cm)
- Incertitude sur distance des laisses (+/- yy %)
- Type d'embarcation, support aDcp

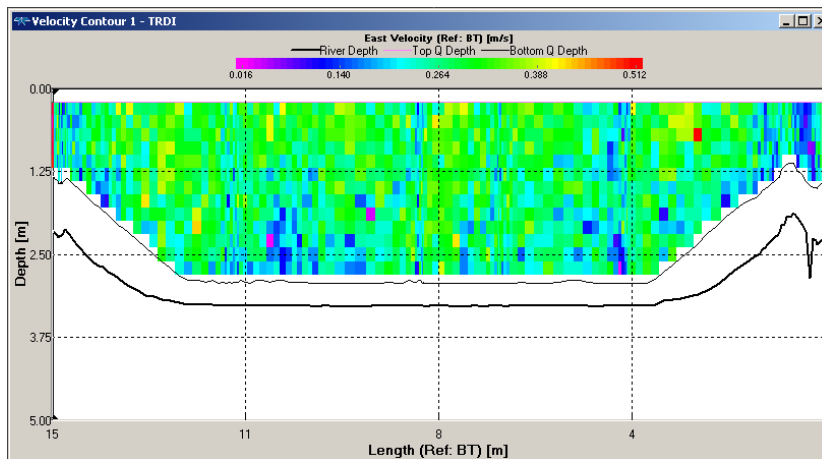


Paramètres ajustables (expert)

- Critères d'inhomogénéité pour la vitesse de l'eau et le suivi de fond.
- Méthode d'extrapolation des ensembles perdus.
- Méthodes d'extrapolation des cellules perdues.
- Loi d'extrapolations en surface et au fond.



Gentille



Importance des berges

EVALUATION DES INCERTITUDES DE MESURES

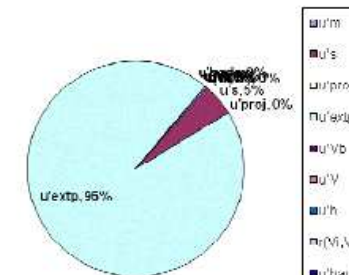
Jaugeage : S21_P04_SP_CNR_0



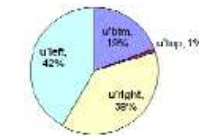
Date :
Rivière :
Station :

Bateau :
Matériel :

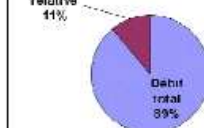
Répartition des incertitudes



Détail de la composante u'extp



Incert. relative 41%



Incertitude relative étendue $U^* = \frac{11.0}{8} \%$

Qtotale = 12.7 ± 1.4 m³/s

Composantes de l'incertitude relative		
u'm	Composante sur le nombre limité de verticales	0.04 %
u's	Composante systématique liée à la mesure par ADCP mobile	0.5 %
u'proj	Composante aléatoire due à la projection des vitesses dans le repère ADCP	0 %
u'extp	Composante systématique due à l'extrapolation en surface (0.9%), au fond (19.3%) et aux bords (79.8%) :	10.5 %
u'vb	Composante aléatoire sur la mesure de la vitesse du fond	0 %
u'v	Composante aléatoire sur la mesure de la vitesse de l'eau	0 %
u'h	Composante aléatoire sur la mesure de la hauteur d'eau	0 %
r(V,V')	Coefficient de corrélation	0 %
u'bad	Composante due à l'extrapolation des cellules et ensembles perdus	0 %
u'rt	Composante due aux effets du roulis/tangage	0 %

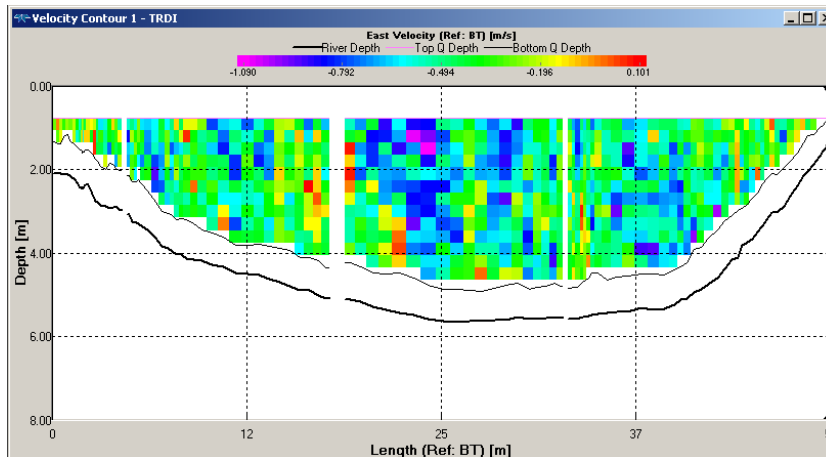


Compagnie Nationale du Rhône
L'ÉNERGIE À L'ÉTAT PUR

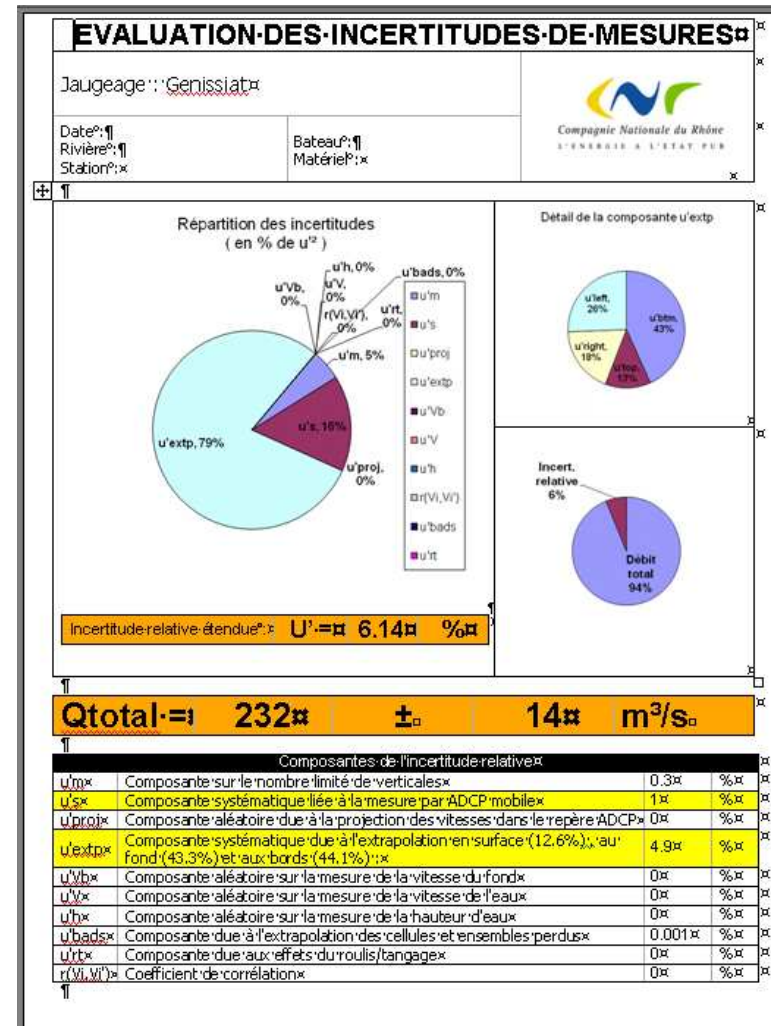
Exemples



Génissiat

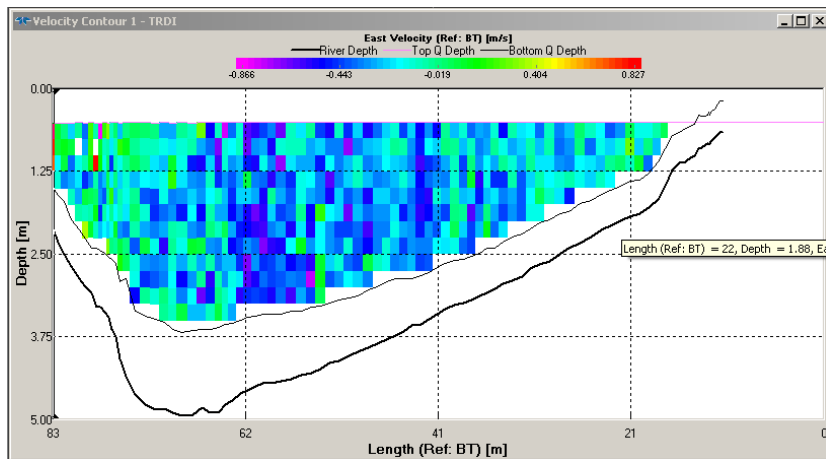


Importance du fond





Pyrimont



Importance du fond

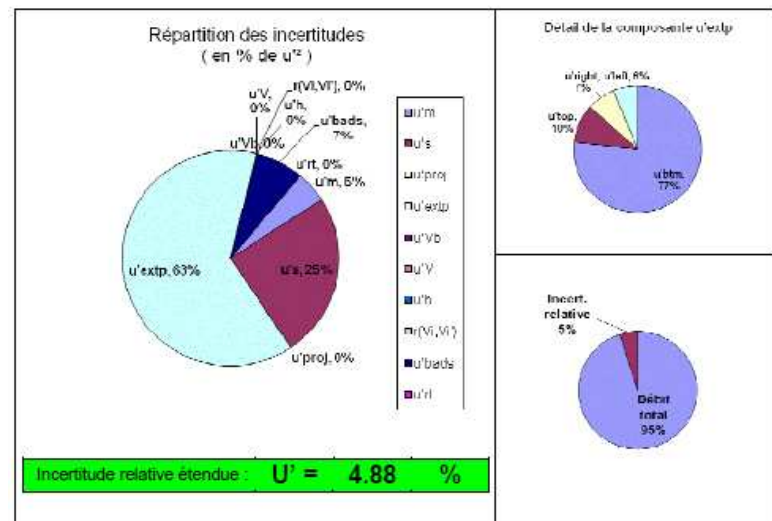
EVALUATION DES INCERTITUDES DE MESURES

Jaugeage : S1_PY10_RG6_IDF__0



Date :
Rivière :
Station :

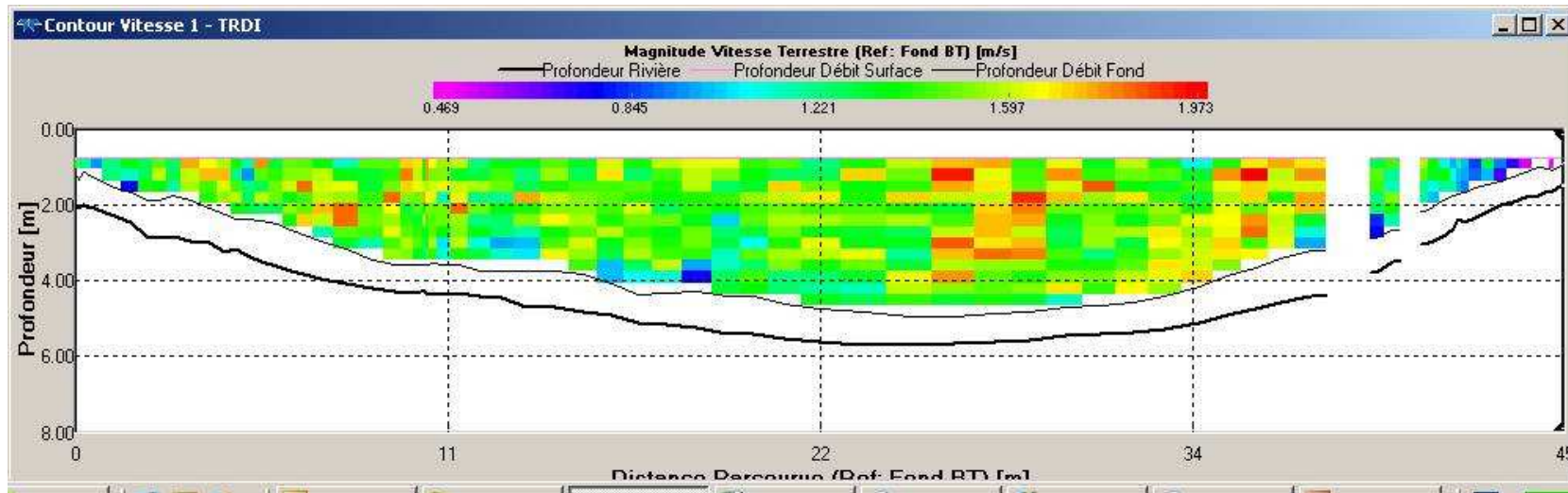
Bateau :
Matériel :



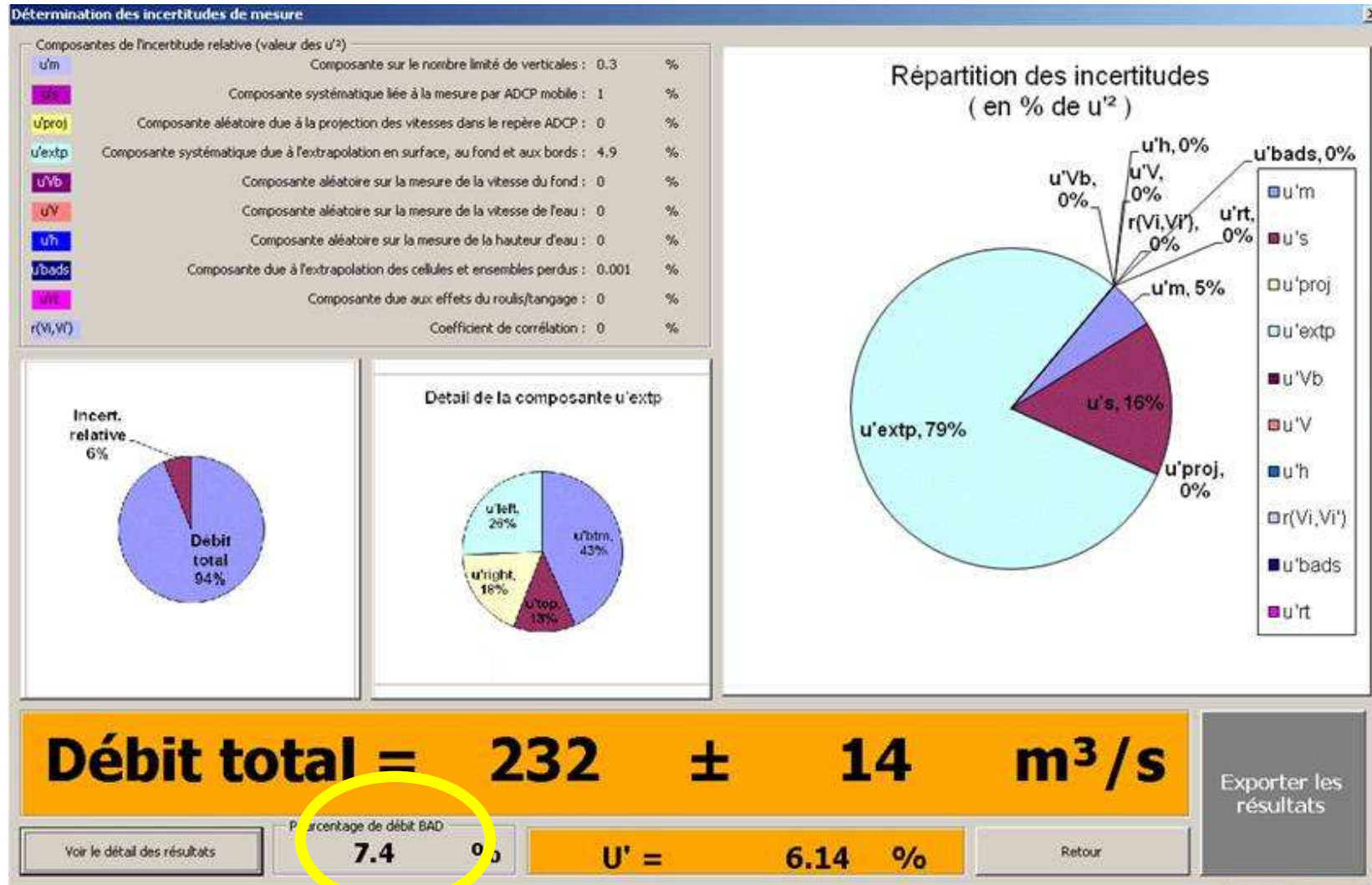
Incertitude relative étendue : $U' = 4.88 \%$

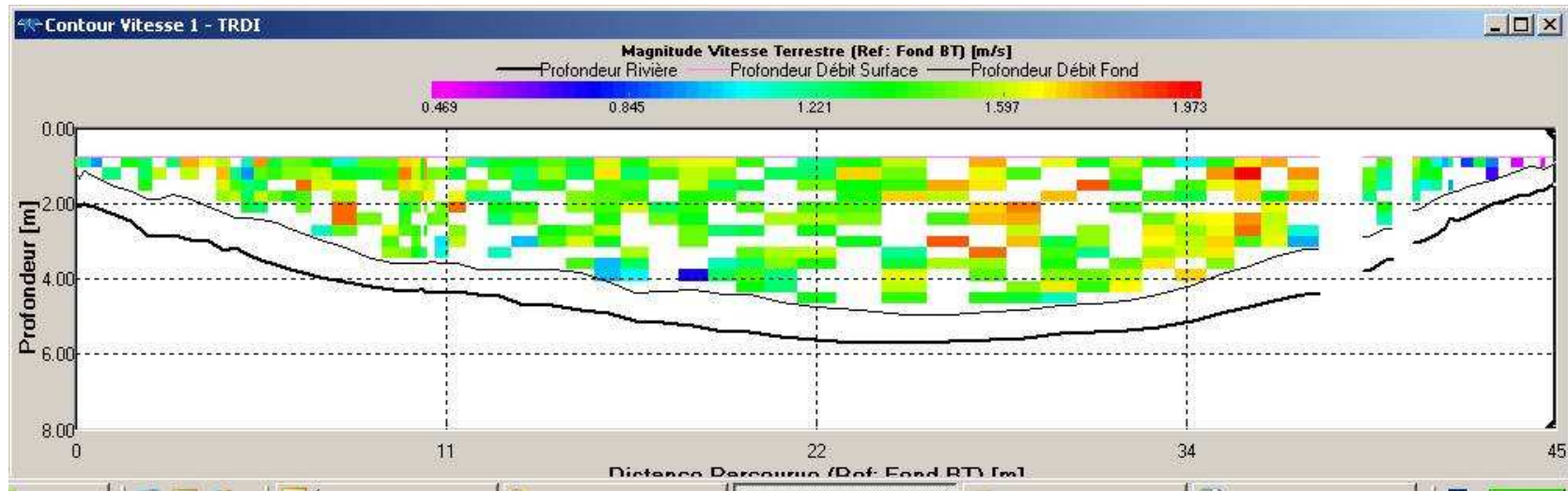
Qtot = 226 ± 11 m³/s

Composantes de l'incertitude relative		
u'm	Composante sur le nombre limité de verticales	0.2 %
u's	Composante systématique liée à la mesure par ADCP mobile	1.2 %
u'proj	Composante aléatoire due à la projection des vitesses dans le repère ADCP	0 %
u'exp	Composante systématique due à l'extrapolation en surface (9.9%), au fond (76.7%) et aux bords (13.4%) :	3.1 %
u'vb	Composante aléatoire sur la mesure de la vitesse du fond	0 %
u'v	Composante aléatoire sur la mesure de la vitesse de l'eau	0 %
u'h	Composante aléatoire sur la mesure de la hauteur d'eau	0 %
u'bad	Composante due à l'extrapolation des cellules et ensembles perdus	0.4 %
u'rt	Composante due aux effets du roulis/tangage	0 %
r(Vi,Vi')	Coefficient de corrélation	0 %

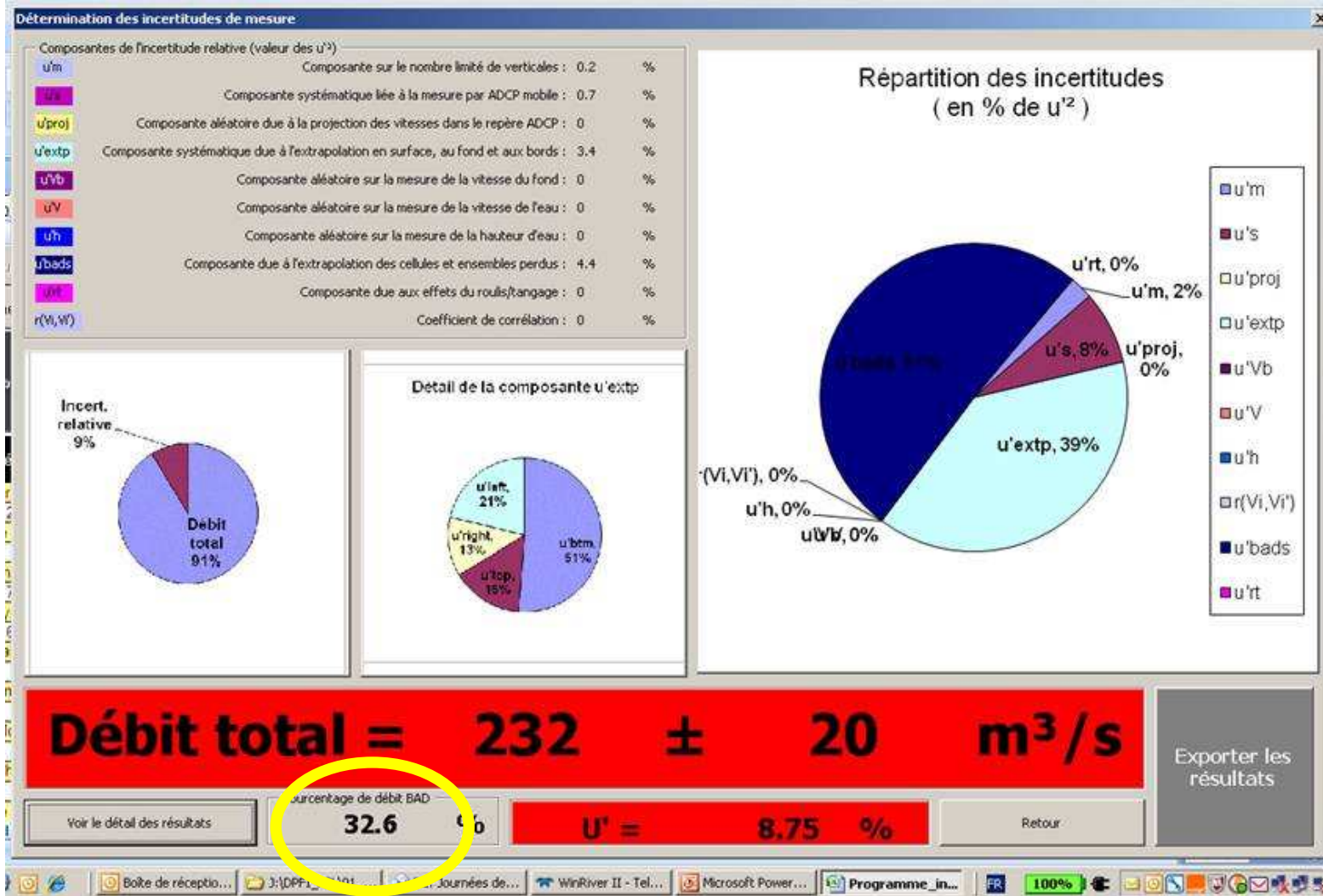


Influence des « bad » Cellules perdues





Influence des « bad » Cellules perdues





Synthèse

- Programme permettant un calcul automatique et guidé selon un processus bien défini
 - Estimation de la part de débit « Bad » contenue dans la partie débit mesuré
 - Mise en évidence des paramètres les plus importants pour la fiabilité de la mesure
-
- Estimation d'une valeur d'incertitude
 - Optimisation du protocole de mesures pour limiter au mieux l'influence des paramètres les plus importants



Perspectives

- Débugger ce programme « Béta » via un rejeu de jaugeages types reflétant tous types d'incertitudes
- Utiliser cet outil pour caractériser nos stations puis à la demande si besoin ou sur mesure spécifique
- Optimiser notre protocole de mesures pour s'attacher à l'essentiel



Compagnie Nationale du Rhône

L'ÉNERGIE À L'ÉTAT PUR

QUESTIONS / SUGGESTIONS

?