

Forum InCA Environnement

23.01.2020

Mesure de turbidité optique résolue en temps

Philippe Schmitt - MécaFlu

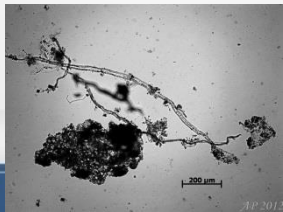
Contexte et problématique



Turbidité optique

Moyen de surveillance usuel

Fonction de l'opacité du flux et de sa couleur



Gestion optimale des flux

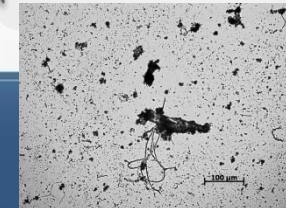
Evaluation de la charge de **Matières En Suspension (MES)** en temps réel

Grande variété d'applications possibles

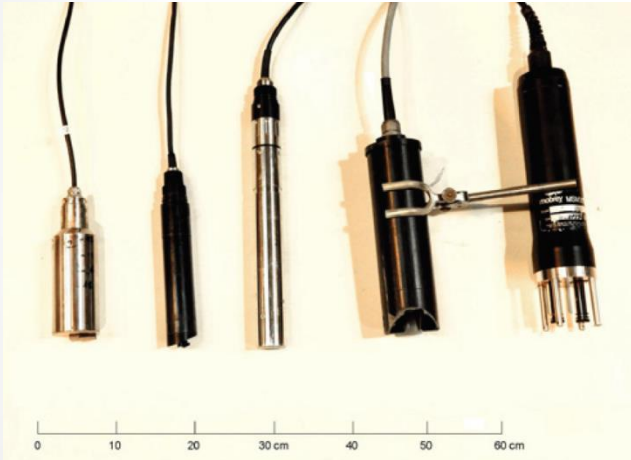
Turbidité acoustique

Technologie plus récente

Dépend de la nature et de la concentration des particules présentes dans le flux



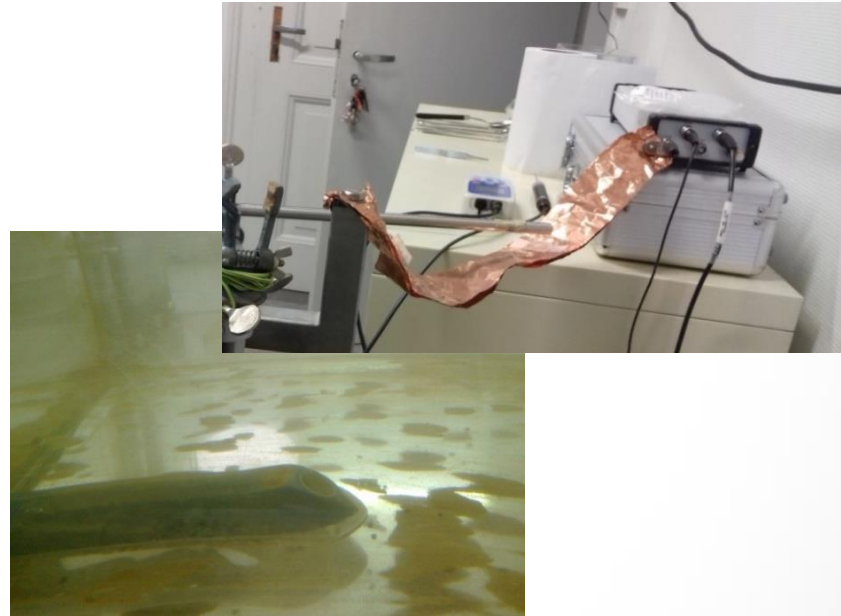
Contexte et problématique



Hach-Lange, Endress+Hauser, WTW,
Neotek Ponsel, Partech-Mobrey

Turbidimètres optiques

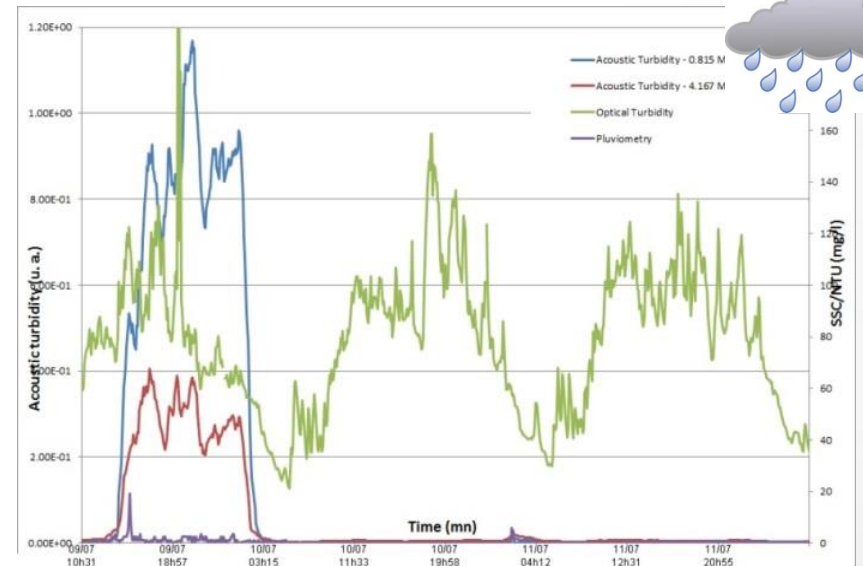
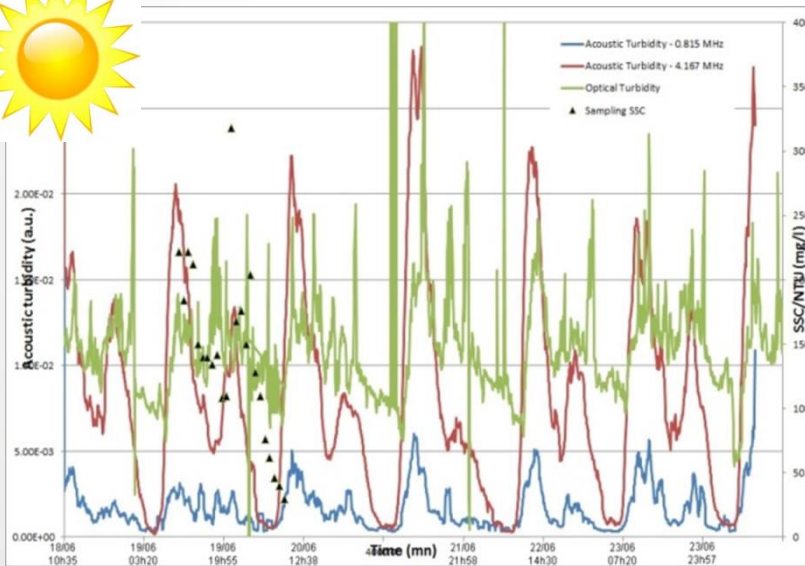
- Mesure de la diminution de la transparence du milieu, dû aux particules
- Mesure néphelométrique (lumière diffusée à 90°) par diode électroluminescente (LED)



Turbidimètre acoustique

- Système ultrasonore pulsé multi-fréquences
- Profils de vitesse et d'amplitude par mesure Doppler

Contexte et problématique



Temps sec

- L'ensemble des turbidités reflète le cycle journalier
- Cohérence avec les prélèvements
- Turbidité optique moyenne 150 NTU

Episode pluvieux

- Cycle journalier visible sur l'optique de valeur moyenne 70 NTU
- Augmentation d'un facteur 100 des turbidités acoustiques

Contexte et problématique



Hydro. Earth Syst. Sci. Discuss. <https://doi.org/10.5194/hess-2017-528>
 Manuscript under review for Journal Hydrol. Earth Syst. Sci.
 Discussion started 4 October 2017
 © Author(s) 2017. CC BY 4.0 License.

Hydrology and Earth System Sciences
 GEGU
 Discussion

Lawler¹, E. Conroy²,

of
 City College Dublin, Ireland

Technical Note: False low turbidity readings during high suspended-sediment concentrations

Nicholas Voichick¹, David J. Topping¹, and Ronald E. Griffiths¹

¹U.S. Geological Survey, Grand Canyon Monitoring and Research Center, 2235 N. Gemini Dr., Flagstaff, Arizona, 86001, USA

Correspondence to: Nicholas Voichick (voichick@usgs.gov)

Abstract. Turbidity, a measure of water clarity, is measured for a variety of purposes including: 1) to help determine whether water is safe to drink; 2) to establish background conditions of lakes and rivers and detect problems caused by construction projects and stress water discharge; and 3) to establish connections with aquatic biological properties, such as primary production and predator-prey interactions. Turbidity is normally measured with an optical probe that detects light scattered from particles in the water. Probes have defined upper limits of the range of turbidity that they can measure. The general assumption is that when turbidity exceeds this upper limit, the values of turbidity will be constant, i.e., the probe is “pegged”; however, this assumption is not necessarily valid. In cases where turbidity greatly exceeds the upper measurement limit, turbidity probes can falsely report incorrectly low values of turbidity that appear to be within the limits of the probe. In rivers with limited variation in the physical properties of the suspended sediment, an increase in suspended-sediment concentration will initially cause a linear increase in turbidity. When the suspended-sediment concentration in these rivers causes turbidity levels that exceed the upper measurement limit of a probe, turbidity probes do not necessarily “peg” at a constant value. Data from the Colorado River in Grand Canyon, Arizona, USA, and a laboratory experiment both demonstrate that when turbidity exceeds instrument-pegged conditions, increasing suspended-sediment concentration (and thus increasing turbidity) may cause optical probes to record decreasing “false” turbidity values that appear to be within the valid measurement range of the probe. Therefore, under high turbidity conditions, other surrogate measurements of turbidity (e.g., acoustic attenuation measurements or suspended-sediment samples) are necessary to correct these low false turbidity measurements and accurately measure turbidity.

tally detrimental levels of suspended and colloidal matter stable water quality standards in national and European. Turbidity is therefore frequently adopted as a surrogate or as a relative and objective measure of water clarity in controlled experimentation, we tested the response of 12 optical designs, to gauge their measurement consistency across suspensions of known SSC. Results showed that our responses to identical SSC solutions (in the range of 20 SSC up to five-fold differences in recorded turbidity were more inconsistent measurements were identified across used using backscatter or side-scatter optical principles, compliance with turbidity-based water quality standards, they is being used as a surrogate for SSC, provided that treatment of it is not an issue. In this study, a field context that displays very different absolute turbidity readings. SSC ratings were established (as evidenced by 27 nearly constant suspended sediment total estimates of or analyzed. This study highlights the potential for issues that are often assumed to be comparable, so that id here may remain unknown to water resource decision-

© 2017 Elsevier Ltd. All rights reserved.

- Mise en doute de la fiabilité des turbidimètres optiques par des publications récentes
- En situation exceptionnelle (pluie en assainissement, crue en rivière) les données de turbidité optique sont fausses



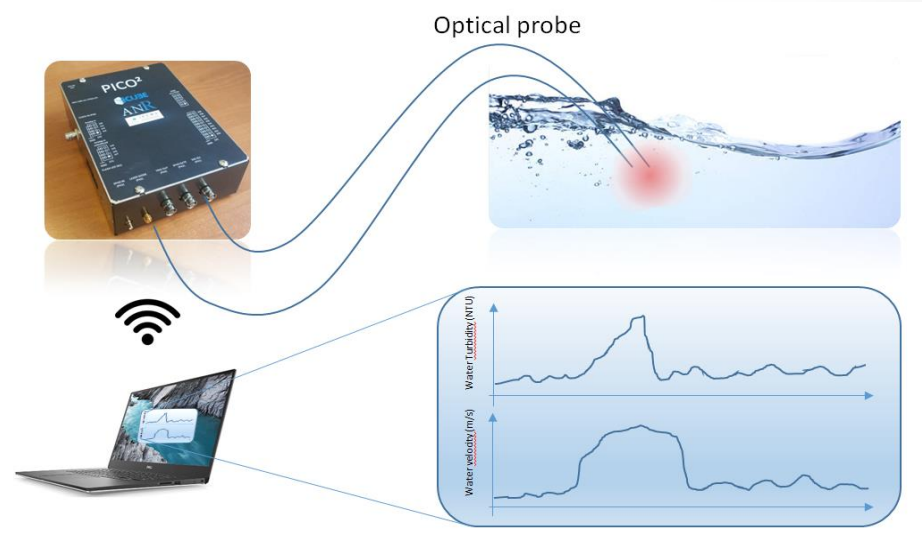
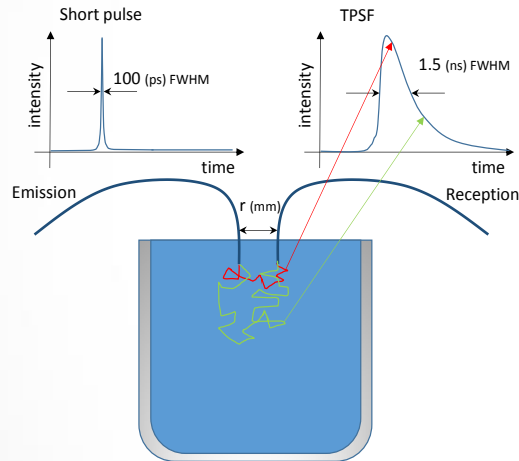
sous-estimation importante de la concentration en MES



Projet API sur l'analyse des signaux optiques et acoustiques provenant de MES et la proposition d'un nouveau dispositif de mesure en continu => Turbidité Optique Résolue en Temps (TROT)

- Rymaszewicz, A., O'Sullivan, J. J., Bruen, M., Turner, J. N., Lawler, D. M., Conroy, E., & Kelly-Quinn, M. (2017).. Journal of Environmental Management, 199, 99.
- Pallarès A. Burckbuchler M., Fischer S., Schmitt P. (2017), Proceedings of the 14th International Conference on Urban Drainage, Prague, 10-15 September 2017.
- Voichick N., Topping D.J ,GriffithsR.E., (2017), Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss. <https://doi.org/10.5194/hess-2017-528>

Time Resolved Optical Turbidity (TROT)

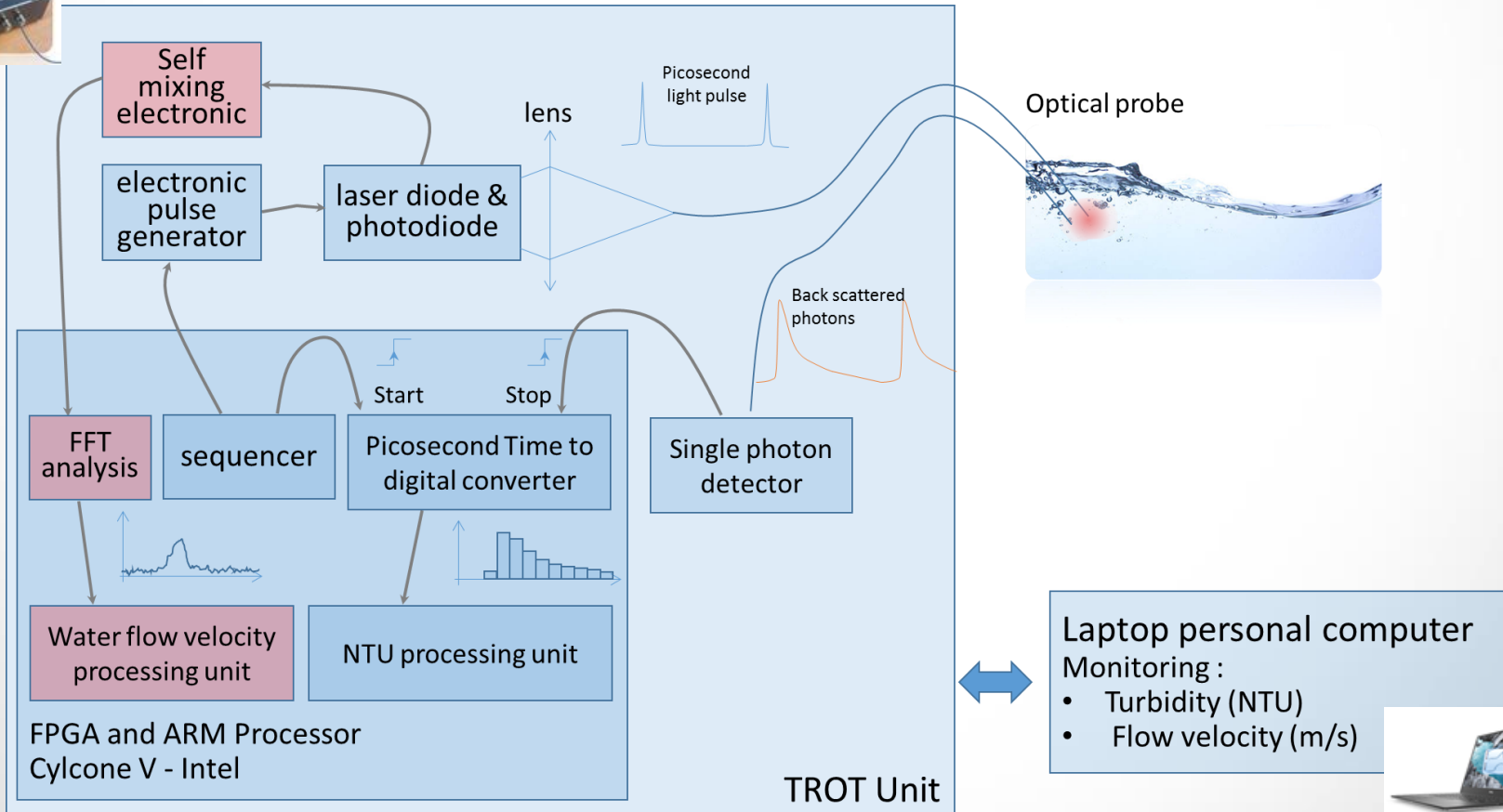


Avantages:

- Mesure de la turbidité en temps réel
- Grande dynamique de mesure
- Méthode de mesure robuste aux perturbations extérieures
- Système compact et robuste, relativement peu coûteux
- Fonctionne avec des composants standard: bas coût

Topologie du système

Boîtier PICO²



Théorie: Turbidité optique résolue en temps

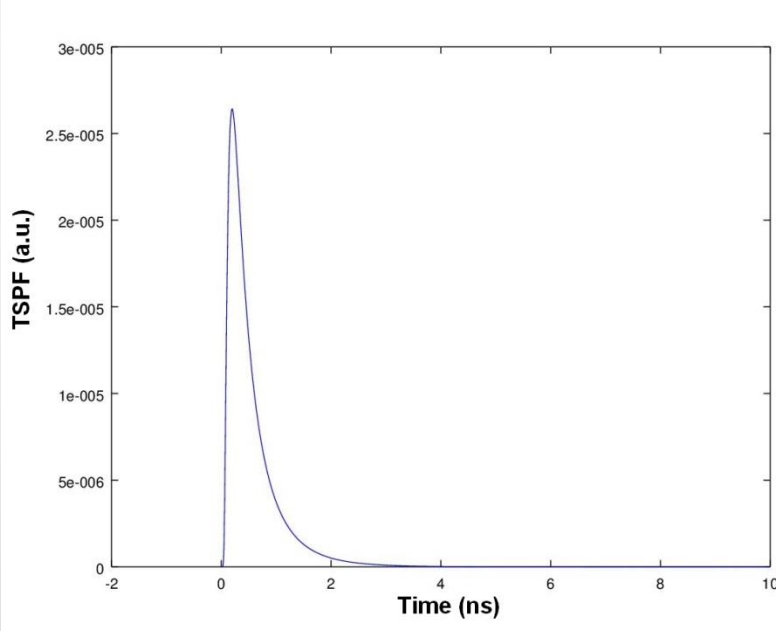
- Approximation d'un milieu infini
- Dans ce cas, solution analytique simple, l'équation de Green:

$$\Phi(\vec{r}, t) = (4\pi\kappa t)^{-3/2} \exp\left(-\mu_a ct - \frac{r^2}{4\kappa t}\right)$$

$$\kappa = \frac{c}{3(\mu_a + \mu_s')}$$

μ_a : coefficient d'absorption

μ_s' : coefficient de diffusion



- Arridge, S. R., Cope, M., Delpy, D. T., The theoretical basis for the determination of optical pathlengths in tissue: temporal and frequency analysis (1992) *Phys. Med. Biol.* **37** 1531

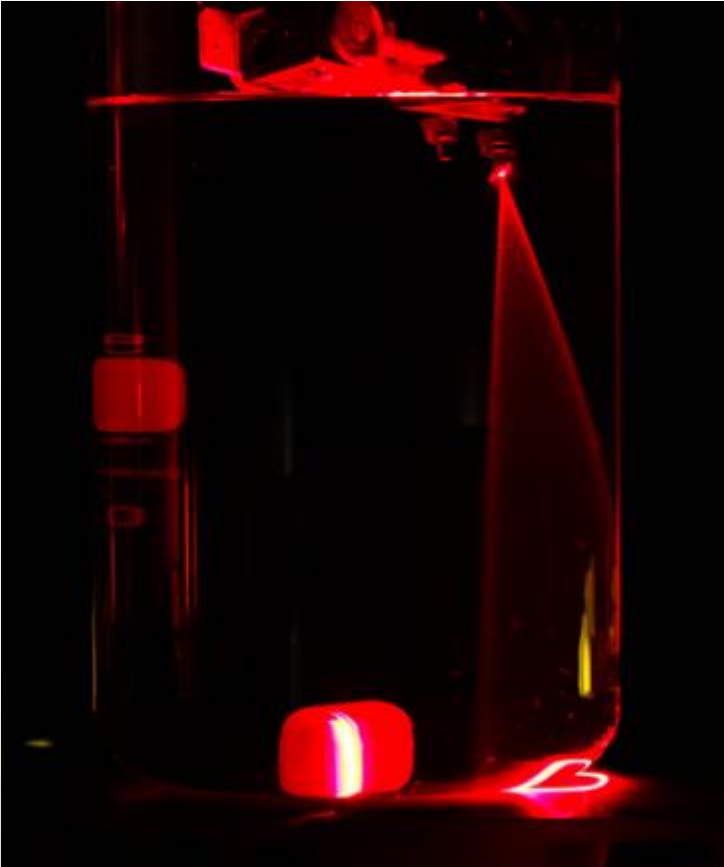
Mesures en laboratoire

Dispositif de mesure:

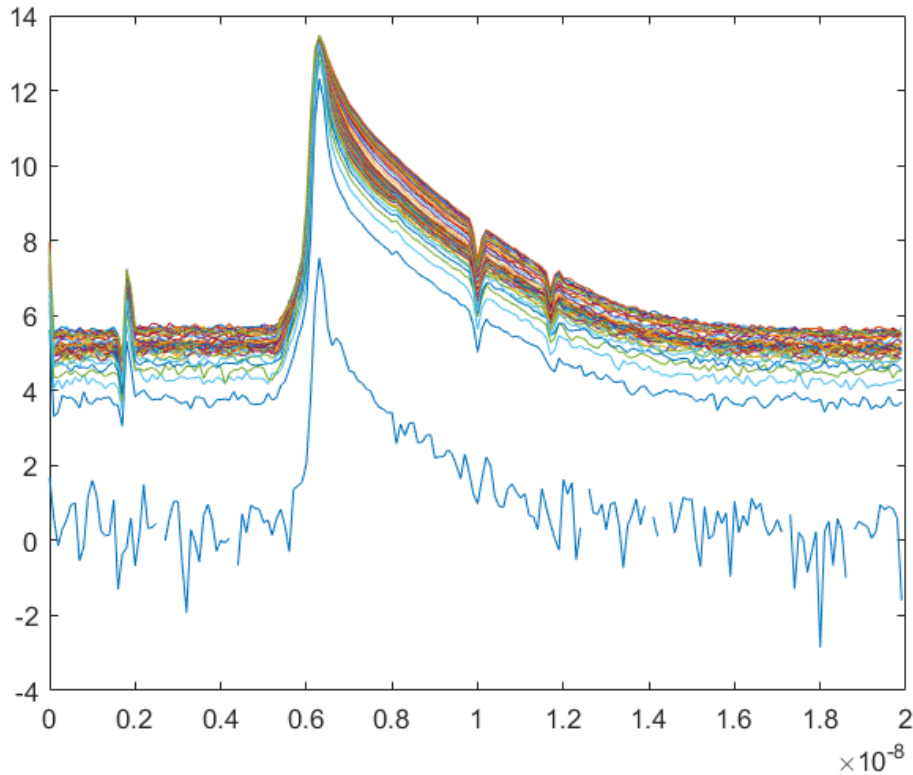
- Diode laser et S.P.A.D. (Single Photon Avalanche Detector), reliés à la Pico²
- Milieu supposé infini et homogène
- Mesures en rétrodiffusion ou à 120°

Mesure de turbidité:

- Utilisation d'eau purifiée
- Ajout de formazine préparée à différentes concentrations
- Mesure faite par absorption de lumière (unité FAU) ou par diffusion de lumière à un angle d'environ 90° (unité NTU)



Analyse des mesures



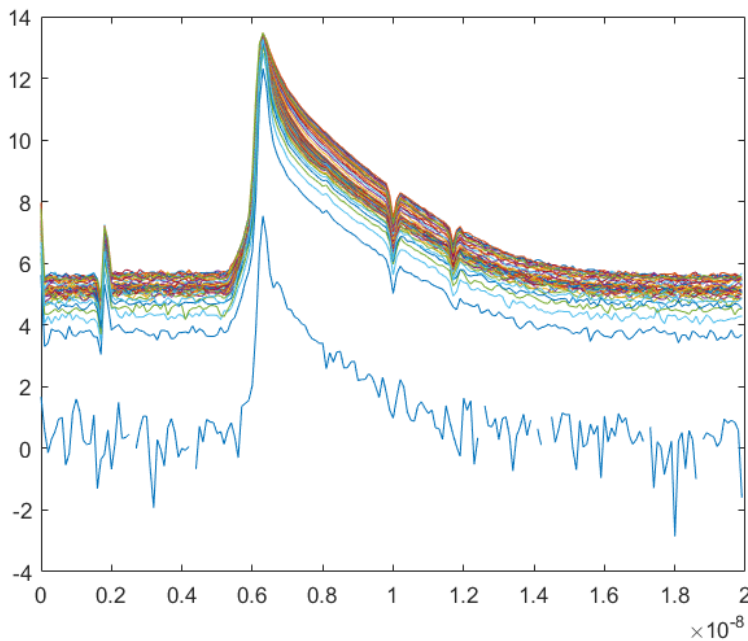
Mesures effectuées:

- Mesures statistiques : chaque courbe d'intensité est le résultat d'un grand nombre de mesures de temps de vol
- Une courbe enregistrée pour une concentration de formazine donnée
- Analyse et interprétation de différents paramètres pour chaque courbe

Analyse des mesures

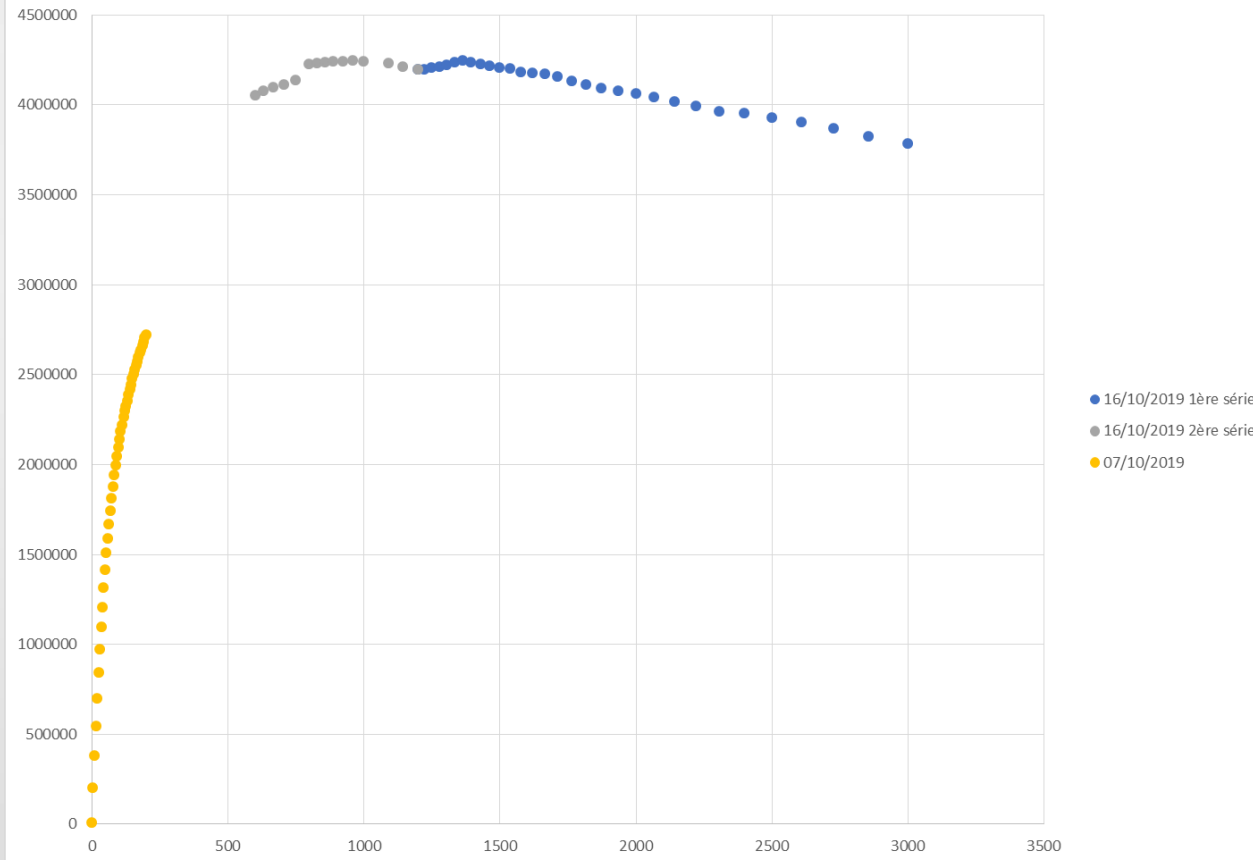
Tests de différents paramètres:

- Plus de 11 critères, présentation parmi les plus significatifs:
 - **Photon rate:** Nombre de photons total divisé par le temps d'acquisition
 - **Intensity peak :** Intensité du pic mesuré
 - **Mean travel time:** Moyenne temporelle pondérée par le nombre de photons



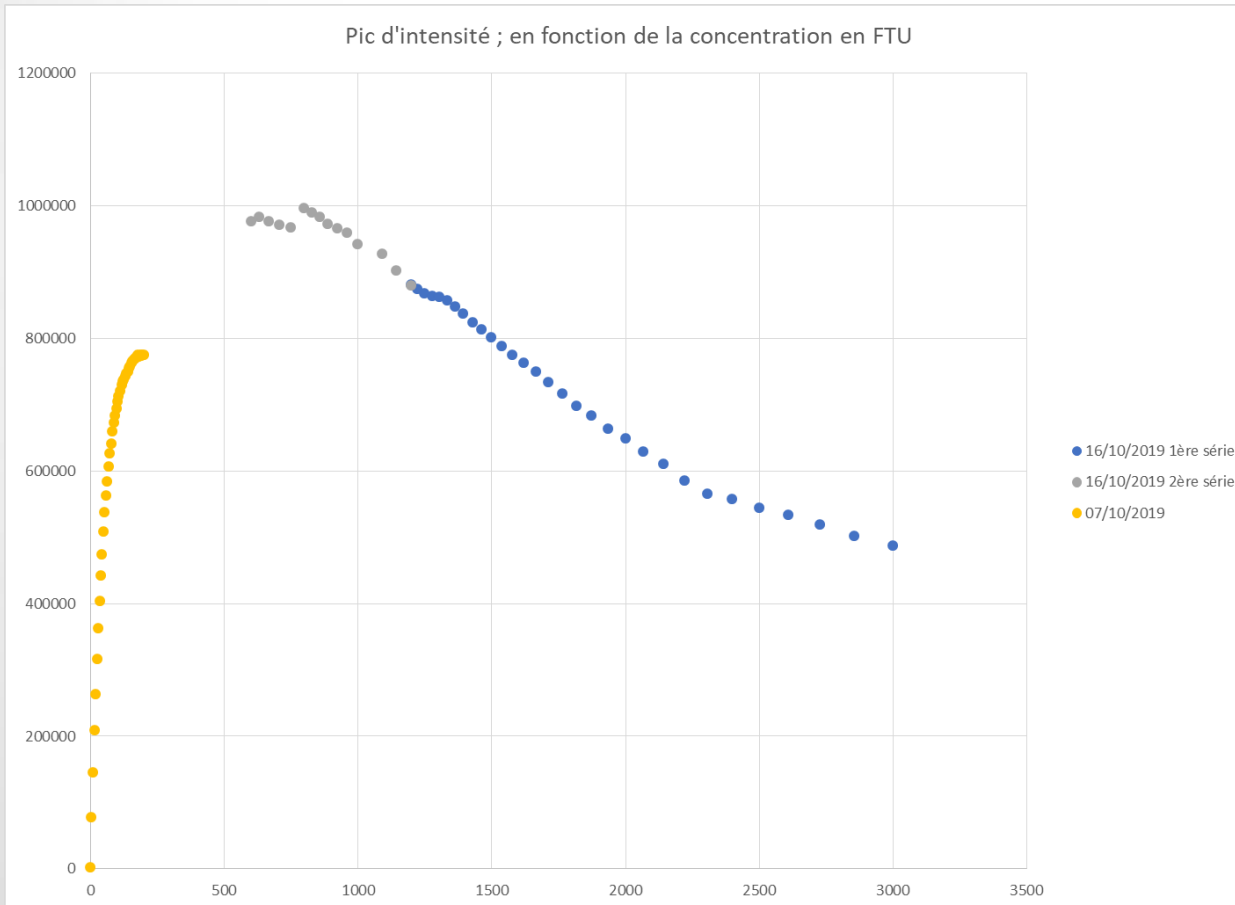
Nombre de photons

Nombre de photons ; par rapport à la concentration en FTU



- Nombre de photons total détectés (toutes les mesures durent 10s, ces courbes sont donc équivalentes)
- Le nombre de photons augmente jusqu'à une certaine valeur de concentration puis diminue

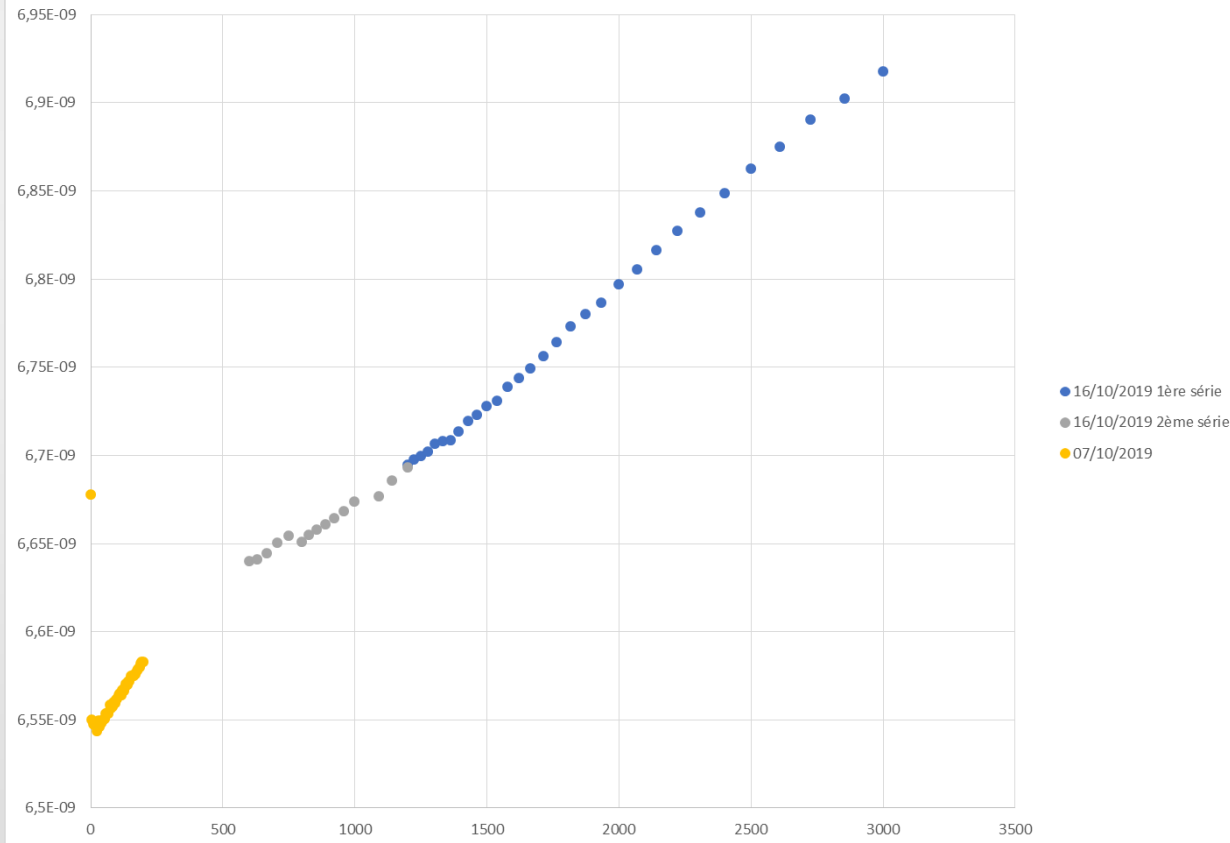
Intensité du pic



- Intensité maximale mesurée, en nombre de photons
- L'intensité du pic augmente elle aussi jusqu'à une certaine valeur de concentration puis diminue

Temps de parcours moyen

Temps moyen de trajet des photons ; par rapport à la concentration en FTU



- Moyenne temporelle pondérée par le nombre de photons
- Devrait être invariant de l'intensité d'après le modèle physique
- Augmentation du temps moyen en fonction de la concentration
- Légers décrochages

Perspectives

Projet porteur :

- Ingénierie et métrologie environnementale
- Recherche inter, pluridisciplinaire et appliquée
- Plusieurs publications envisagées
- Tremplin pour une demande de financement maturation à la SATT

Merci de votre attention !