

Simuler des trous noirs avec des fluides de lumière

Rémi Truong (remi.truong-minh-tao@institutoptique.fr)

Institut d'Optique Graduate School, étudiant en 1ère année du cycle ingénieur

Contexte

Lors de mon stage d'immersion dans l'équipe de **Jacqueline BLOCH** et de **Sylvain RAVETS**, j'ai étudié une expérience aboutissant à un système analogue à un « vrai » trou noir gravitationnel.

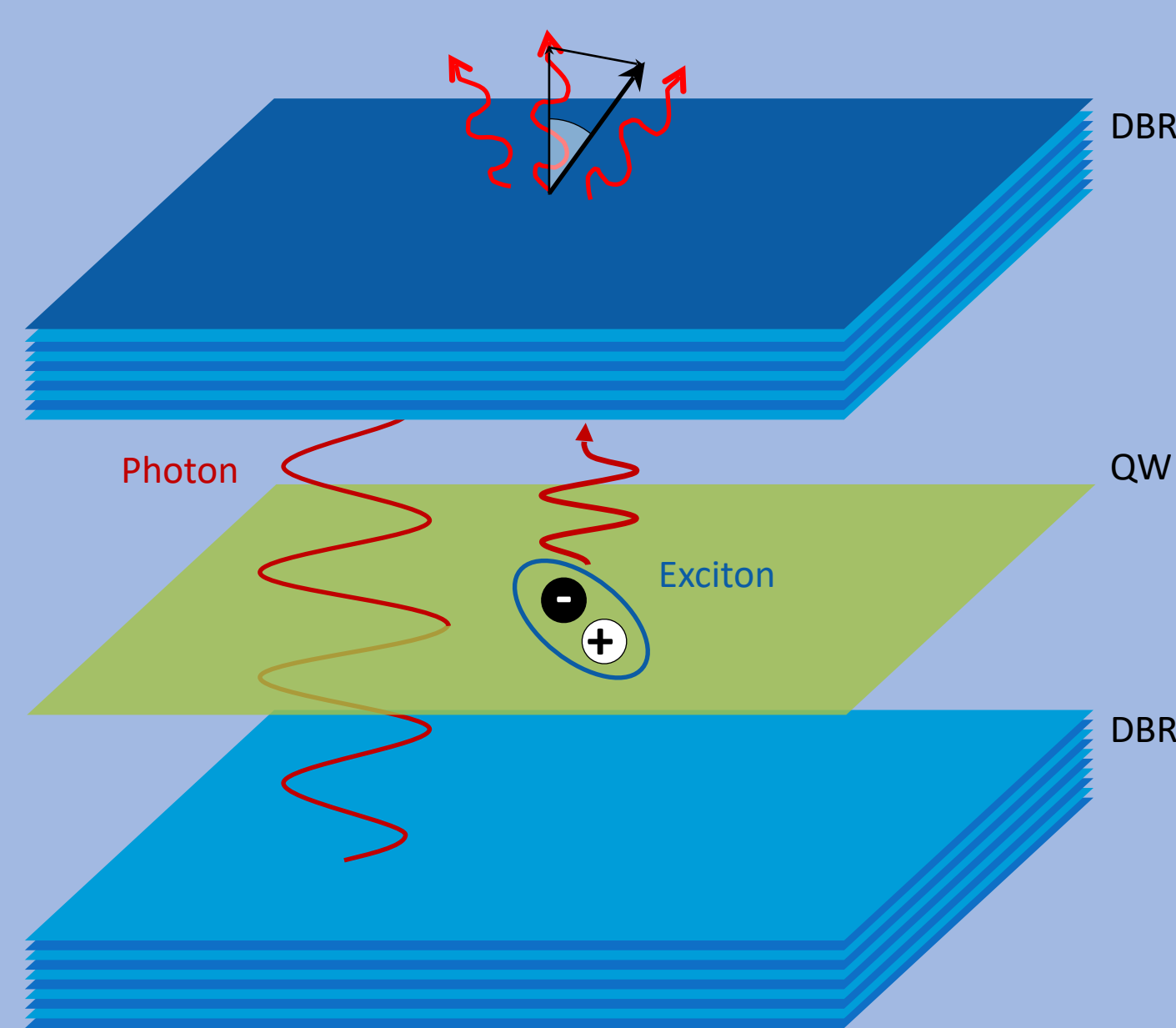


Certains phénomènes gravitationnels théorisés sont si difficiles à détecter que leur existence n'est pas encore établie : c'est le cas de l'**évaporation des trous noirs** de Hawking.

L'expérience décrite ici permet de **générer un trou noir acoustique analogue** à un trou noir gravitationnel, ouvrant la possibilité d'observer ce phénomène et de corroborer la théorie.

Méthode

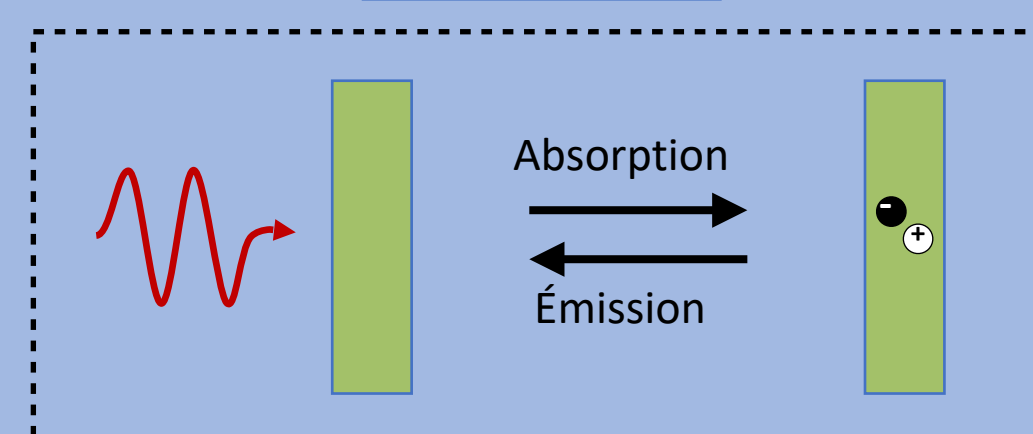
Pour générer un tel trou noir acoustique, les chercheurs du C2N ont utilisé un **fluide de polaritons** (*fluide de lumière*) au sein duquel des ondes acoustiques peuvent se propager.



Miroirs très réfléchissants (DBR)

Lumière piégée

Polariton



Grand nombre de polaritons
= **fluide de polaritons**

Ce fluide de polaritons vérifie bien les *mêmes* équations qu'un fluide classique.

La lumière piégée peut finir par s'échapper et ainsi révéler de précieuses informations.

Résultats

Pour obtenir un **trou noir acoustique**, il est nécessaire de piéger la lumière dans une cavité filaire sur laquelle on introduit un défaut latéral (Fig 1). Lorsqu'on piège suffisamment de lumière dans la cavité, des ondes semblables à des *ondes sonores* émergent au sein du fluide de lumière. La vitesse du fluide, ainsi que la vitesse de ces ondes sonores, peuvent être déterminées en analysant la lumière qui réussit à s'échapper de la cavité (Fig 2). À ≥ 100 mW de puissance, le fluide de lumière est subsonique en amont et supersonique en aval (le son est piégé en aval) : un trou noir acoustique est créé, délimité par le défaut.

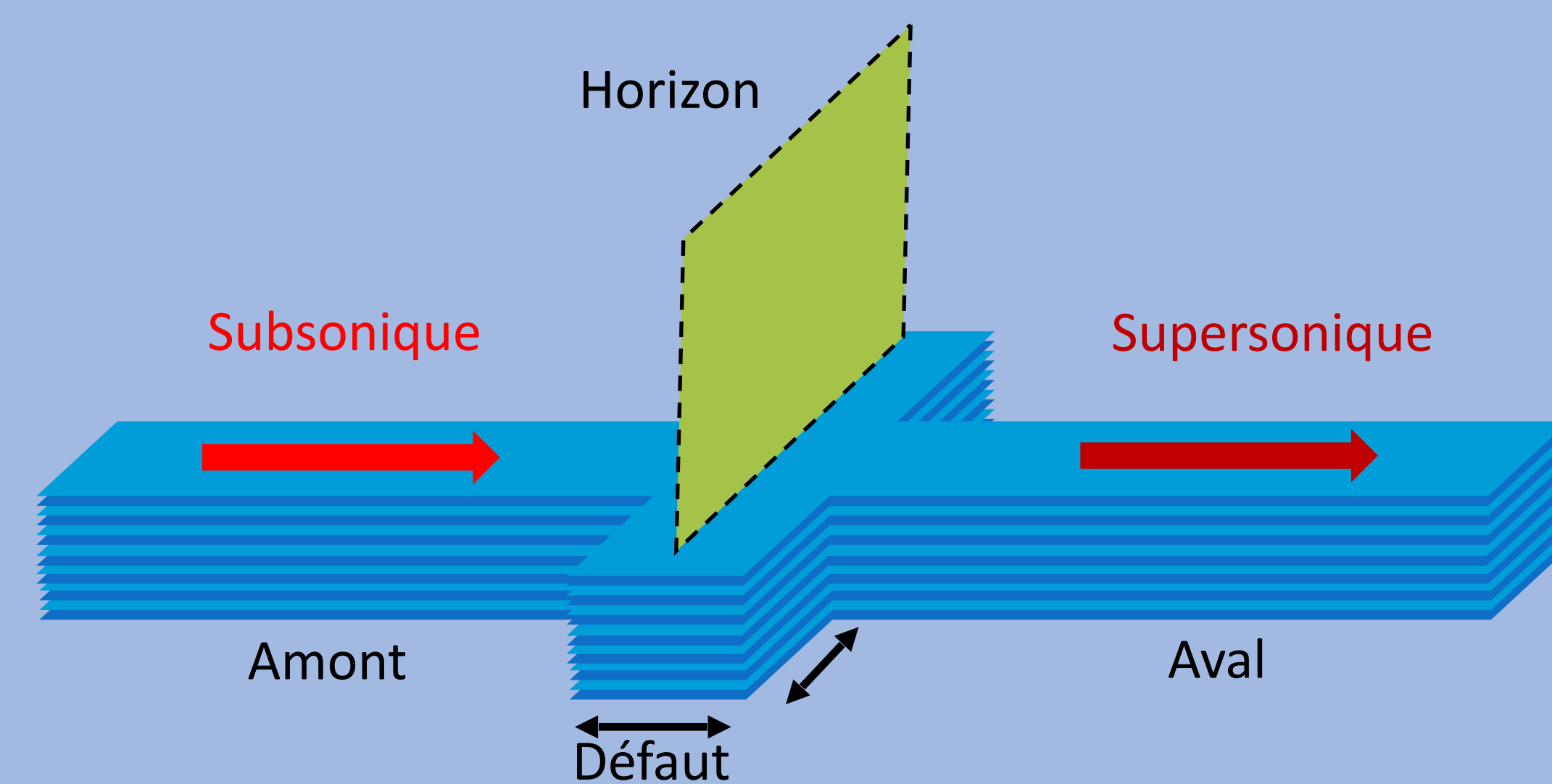


Figure 1 : Schéma de l'expérience permettant de créer un trou noir acoustique en perturbant un fluide de polaritons à l'aide d'un défaut (figure inspirée de l'article [1]).

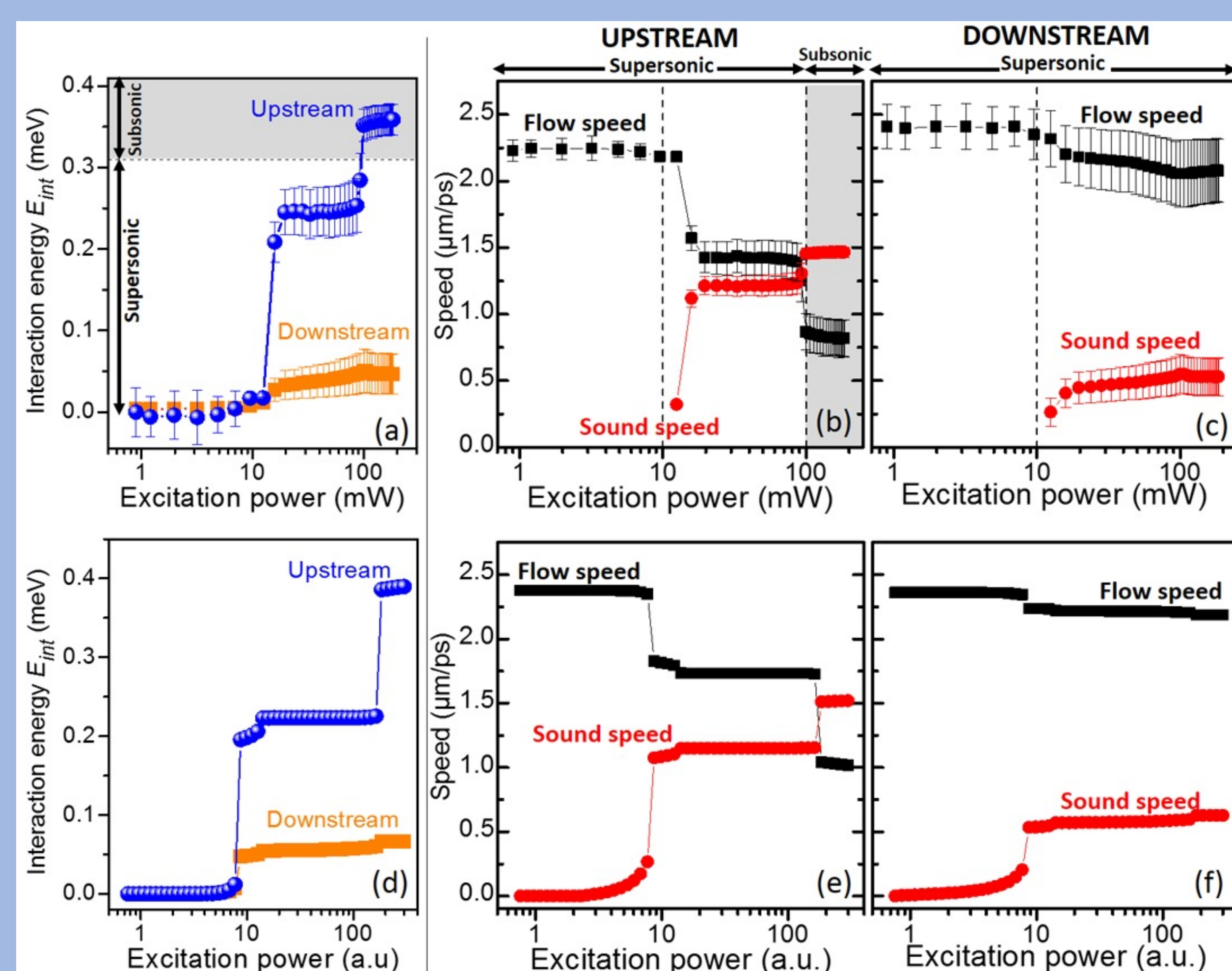


Figure 2 : Mesure (a,b,c) et simulation numérique (d,e,f) de l'énergie d'interaction, de la vitesse du flux de polaritons et des ondes sonores qui s'y propagent, en fonction de la puissance lumineuse incidente (figure tirée de l'article [1]).

Conclusion et perspectives

Le système obtenu est un trou noir acoustique analogue à un trou noir gravitationnel, en ce qu'il piège les ondes acoustiques de la même façon qu'un trou noir gravitationnel piège la lumière et la matière.

La richesse de cette approche vient du fait qu'il est possible de détecter un rayonnement de Hawking témoignant du phénomène d'*évaporation des trous noirs* en examinant les densités de polaritons du fluide [2]. Cette possibilité a été approfondie sur le plan théorique [3] mais n'a pas encore été réalisée à ce jour.

Remerciements Je remercie l'équipe de fluide quantique de polaritons du C2N - qui est à l'origine de cette expérience - de m'avoir accueilli pendant mon immersion en laboratoire.

Références [1] H. S. Nguyen, D. Gerace et al. Physical Review Letters, 2015, 114, 036402
[2] R. Balbinot, et al. Physical Review A, 2008, 78, 021603
[3] P. Grišins, H. S. Nguyen, et al. Physical Review B, 2016, 94, 144518