

Nouvelle paramétrisation de modèles océaniques à partir de réseaux de neurones

Couplage
océan-atmosphère

Nicolas Ernout, Lionel Renault, Ehouarn Simon, Rachid Benshila,
Sixin Zhang





1

CONTEXTE

Introduction du sujet

2

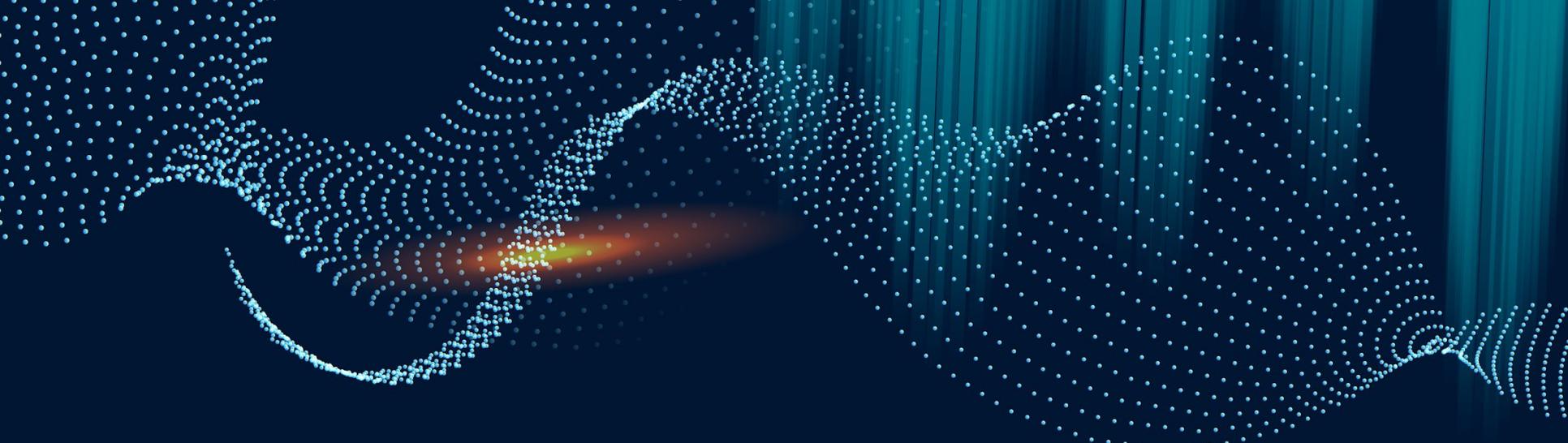
**COUPLAGE
OCEAN-ATMOSPHERE**

Application pratique

3

CONCLUSION

Suites et perspectives



1.

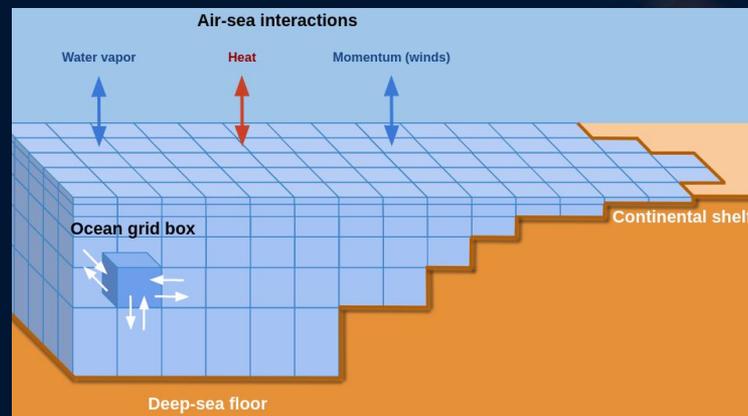
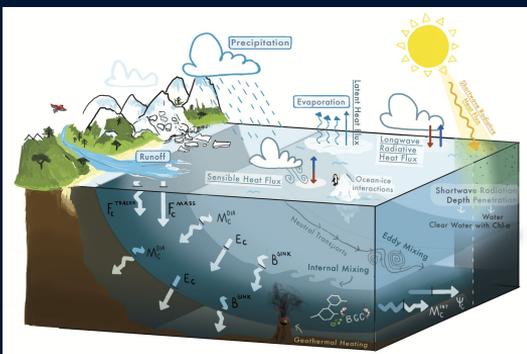
CONTEXTE

Introduction du sujet

Contexte

Les modèles atmosphériques et océaniques

⇒ Calcul de valeurs physiques en utilisant des mailles (modèles déterministes)



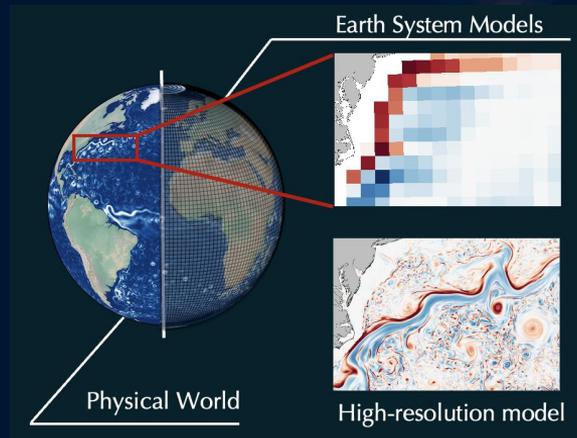
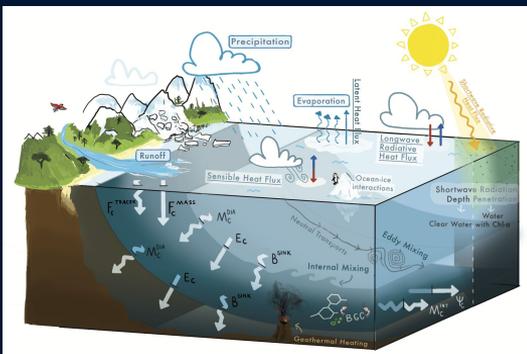
Pour bien modéliser : Des phénomènes essentielles ⇒ Résolution minimale

- Prédire stochastiquement des processus sous-maille
- Améliorer la paramétrisation aux interfaces

Contexte

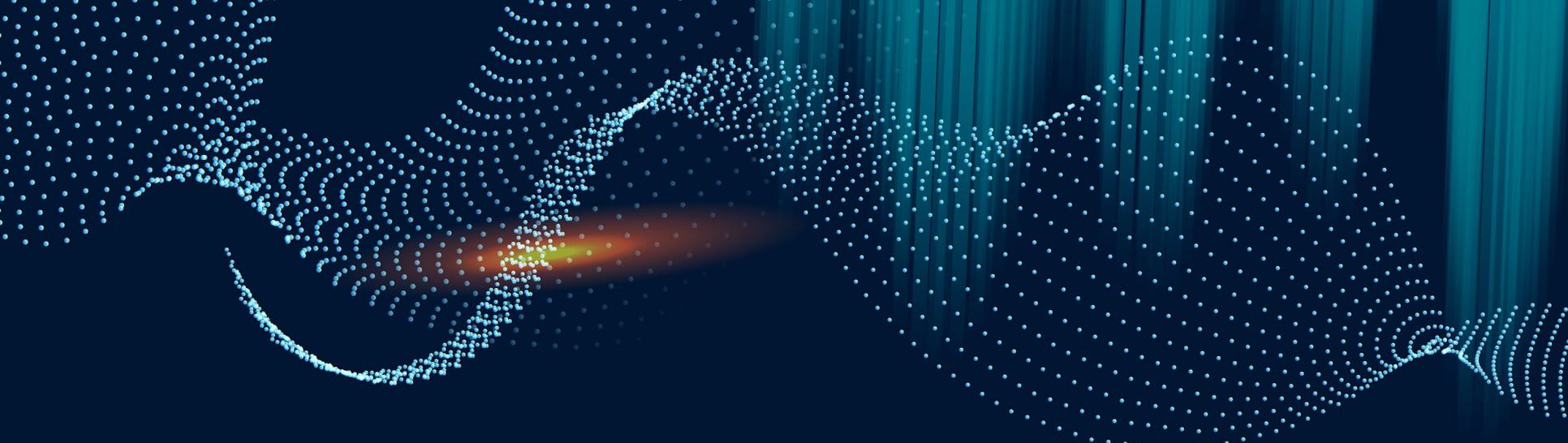
Les modèles atmosphériques et océaniques

⇒ Calcul de valeurs physiques en utilisant des mailles (modèles déterministes)



Pour bien modéliser : Des phénomènes essentielles ⇒ Résolution minimale

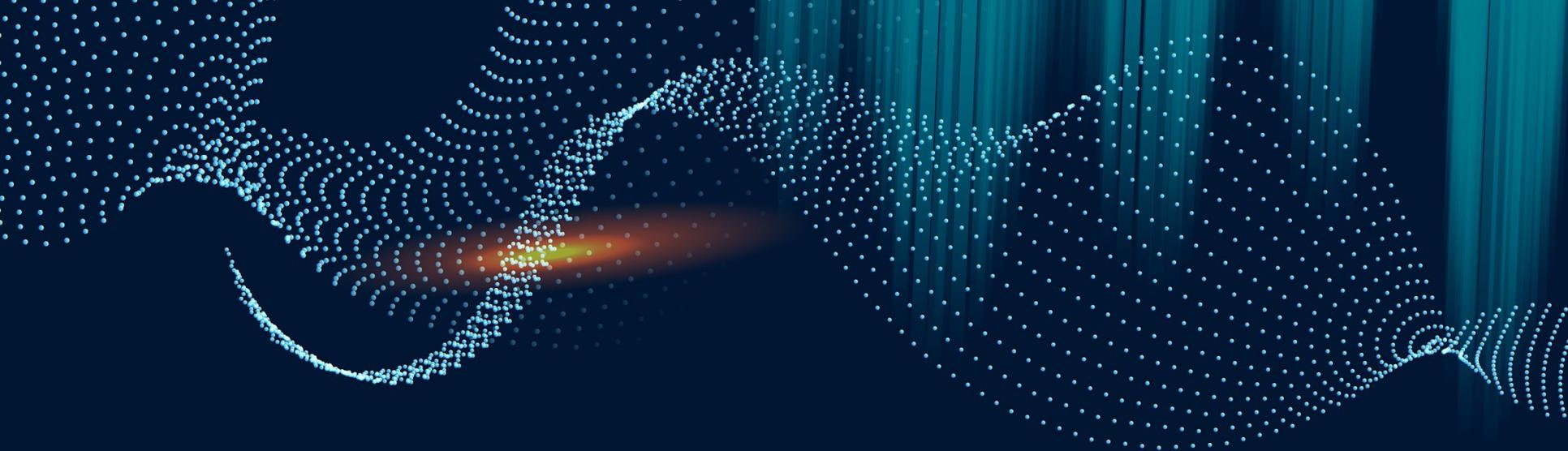
- Prédire stochastiquement des processus sous-maille
- Améliorer la paramétrisation aux interfaces



2.

COUPLAGE OCEAN-ATMOSPHERE

Application pratique

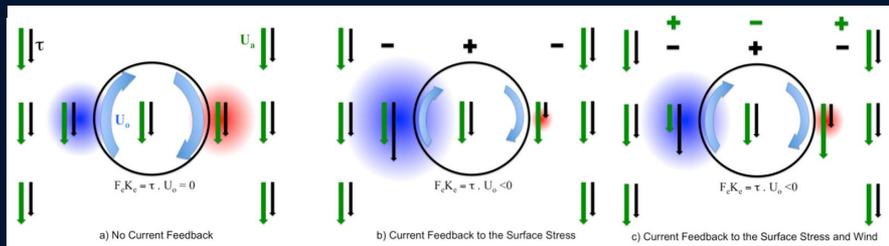


2.1

Introduction

Description de la situation

Réseaux de neurones pour le Couplage Océan-atmosphère



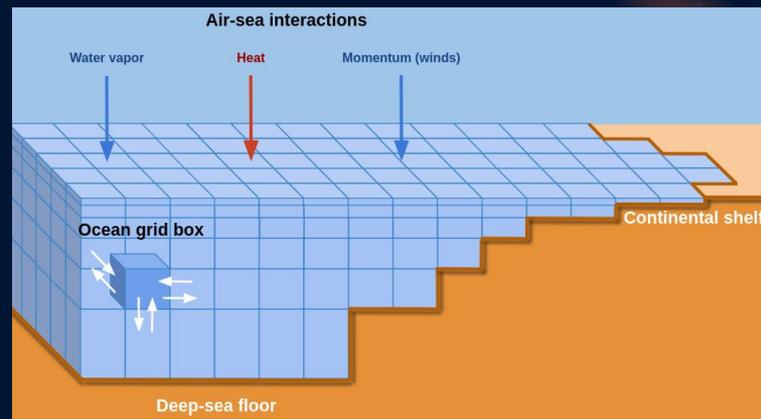
⇒ Retrouver les “windworks”, à travers la tension entre l’atmosphère et l’océan

Possibilités de la considération du couplage océan-atmosphère :

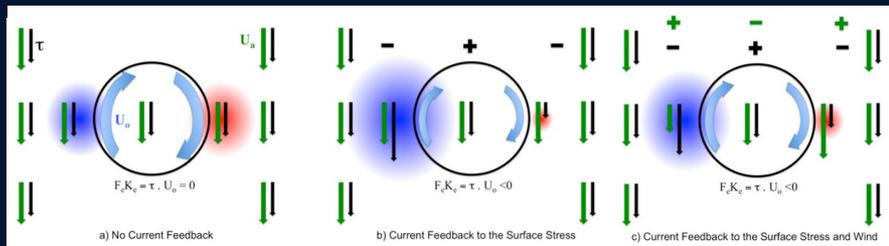
- Modèle forcé, pas de boucle de rétroaction (thermique et courant)
- Modèle couplé à un modèle atmosphérique
- Modèle forcé, avec une paramétrisation de la boucle de rétroaction des courants

Nouvelle approche:

- Modèle forcé avec un réseau de neurones qui reproduit les effets du couplage atmosphère-océan



Réseaux de neurones pour le Couplage Océan-atmosphère



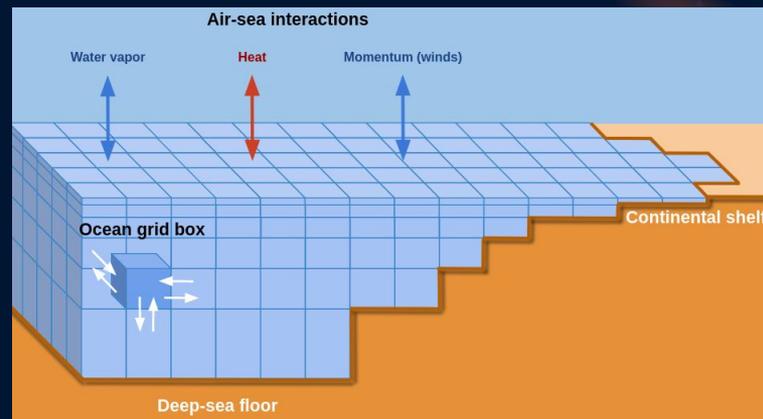
⇒ Retrouver les “windworks”, à travers la tension entre l'atmosphère et l'océan

Possibilités de la considération du couplage océan-atmosphère :

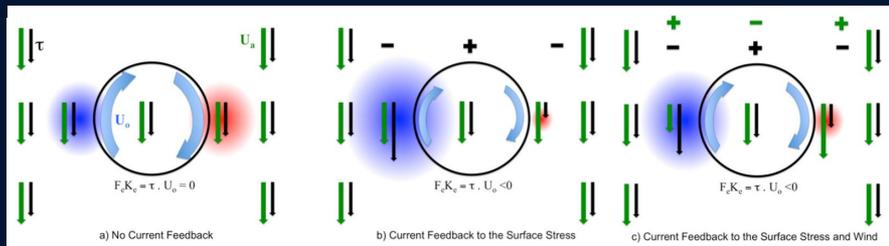
- Modèle forcé, pas de boucle de rétroaction (thermique et courant)
- Modèle couplé à un modèle atmosphérique
- Modèle forcé, avec une paramétrisation de la boucle de rétroaction des courants

Nouvelle approche:

- Modèle forcé avec un réseau de neurones qui reproduit les effets du couplage atmosphère-océan



Réseaux de neurones pour le Couplage Océan-atmosphère



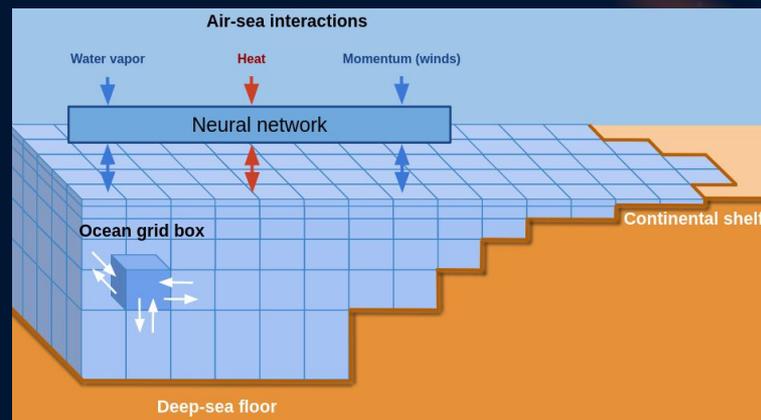
⇒ Retrouver les “windworks”, à travers la tension entre l'atmosphère et l'océan

Possibilités de la considération du couplage océan-atmosphère :

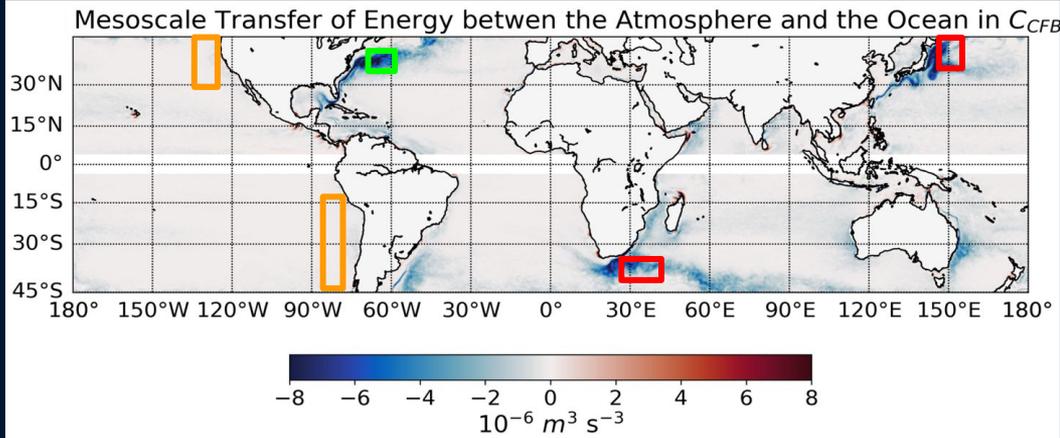
- Modèle forcé, pas de boucle de rétroaction (thermique et courant)
- Modèle couplé à un modèle atmosphérique
- Modèle forcé, avec une paramétrisation de la boucle de rétroaction des courants

Nouvelle approche:

- Modèle forcé avec un réseau de neurones qui reproduit les effets du couplage atmosphère-océan



Réseaux de neurones pour le Couplage Océan-atmosphère



Entrées : $u, v, u', v', \overline{T_u}, \overline{T_v}, \overline{Wp}, \overline{u_{10}}, \overline{v_{10}}, sst, sst', pblh$

Sorties : T_u', T_v'

2 zones d'apprentissage :

- Kuroshio
- Courant des Aiguilles

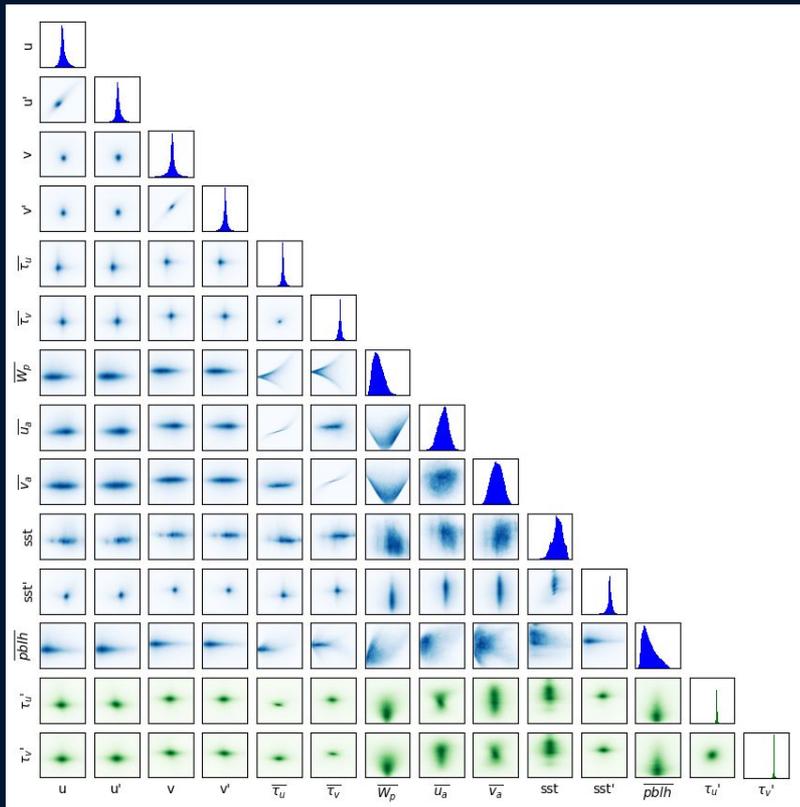
1 zone de validation : Gulf Stream

2 zones d'application :

- Côte de la Californie
- Côte du Chili

⇒ Trouver un bon réseau de neurones
si c'est possible

Réseaux de neurones pour le Couplage Océan-atmosphère

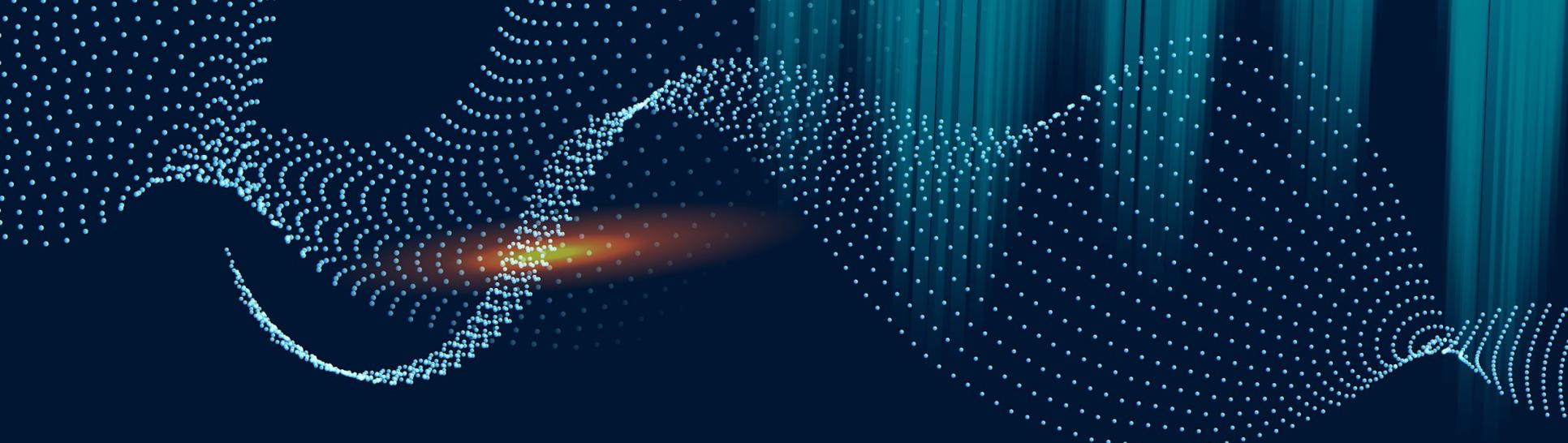


Données :

- Simulation couplée ($1/4^\circ$ ($\sim 25\text{km}$), Pulsation)
- Réaliste tropical (45°N to 45°S)
- Journalier sur 5 ans
- Filtre spatial : Filtre gaussien (taille : $4 \rightarrow 1^\circ$ ($\sim 100\text{km}$))

Analyse :

- Corrélation :
 - Courants de surface et leurs anomalies
 - Force du vent filtré and vents filtrés
 - Vents filtrés et tensions de surface filtrés
 - Pblh filtré et force du vent filtré
- Pas de corrélation : entrées et sorties
- Sorties : Fortement concentrées autour de zéro

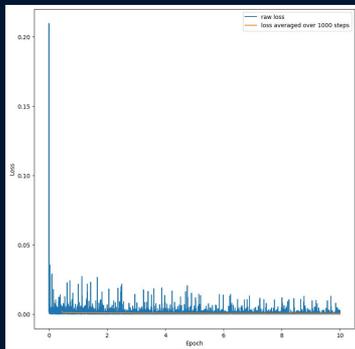


2.2

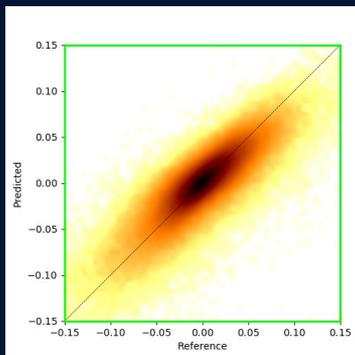
Réseau de neurones

Comment sélectionner le bon réseau ?

Réseaux de neurones pour le Couplage Océan-atmosphère

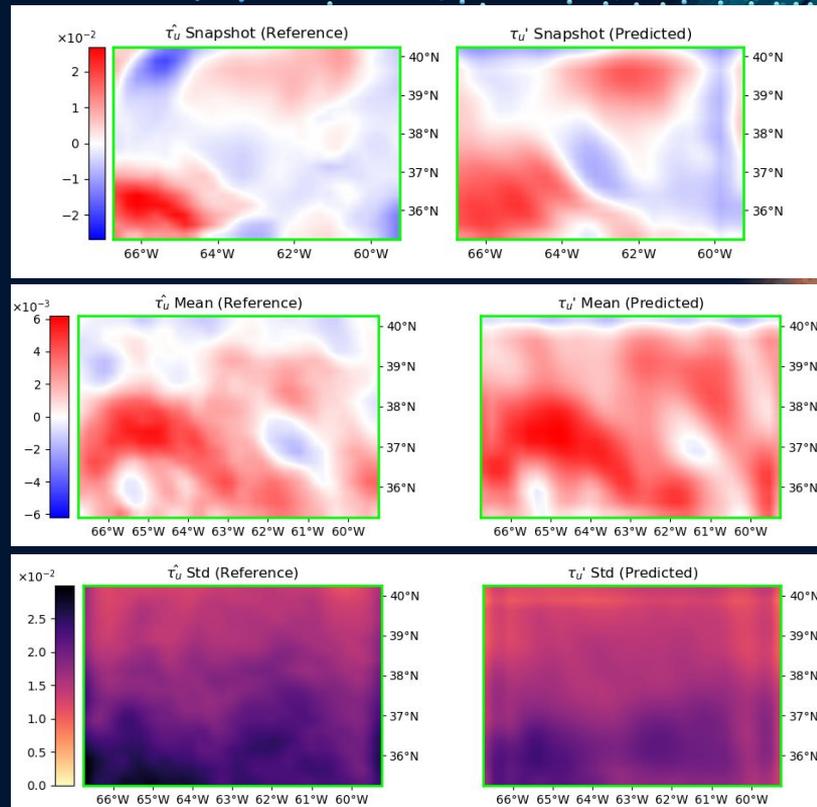


- Convergence rapide
- Instantanée pas terrible
- Mais intéressant en moyenne
- Variabilité proche
- Distribution suit bien la droite identité



⇒ Résultats encourageants

Toutes les figures effectuées sur le Gulf Stream



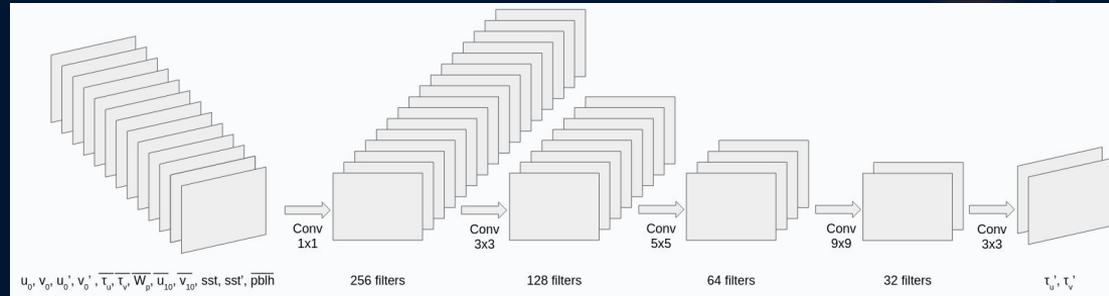
Réseaux de neurones pour le Couplage Océan-atmosphère

De nombreux modèles testés (~ 150 modèles)

Meilleur MSE on Gulf Stream

⇒ $1,619 \cdot 10^{-4}$ avec le CNN :

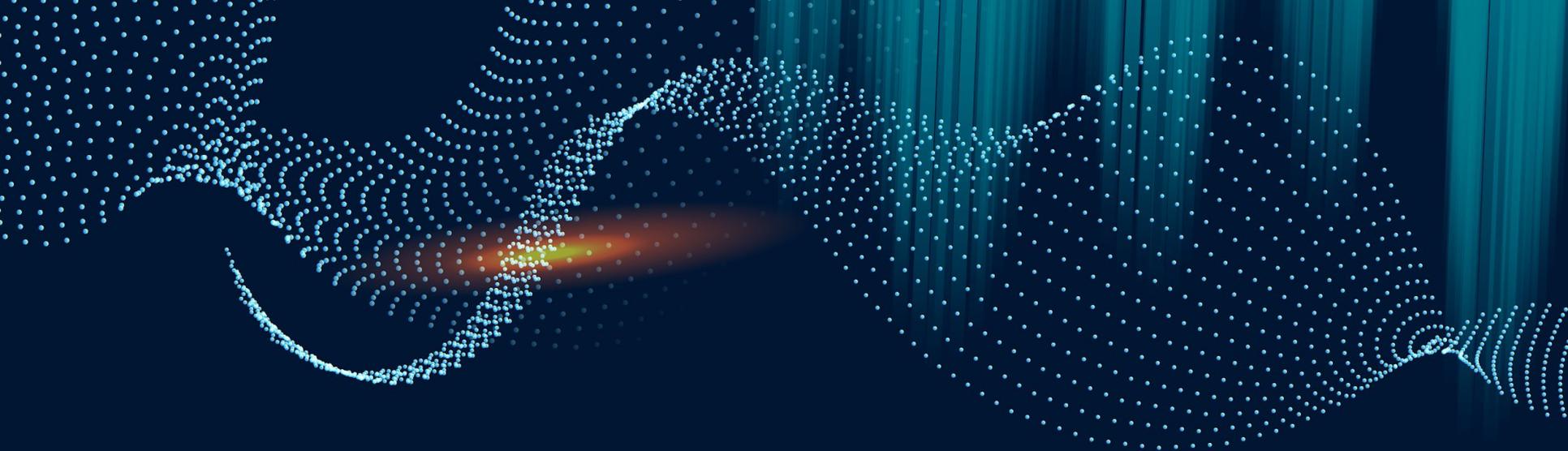
- **256-1, 128-3, 64-5, 32-9**



Utilisation de CNN au lieu d'un NN classique améliore grandement le résultats (si pas sur-apprentissage)

Pas de logique qui permet de trouver le bon modèle :

⇒ Amélioration et sélection demande de continuer une approche empirique dans le choix des hyperparamètres

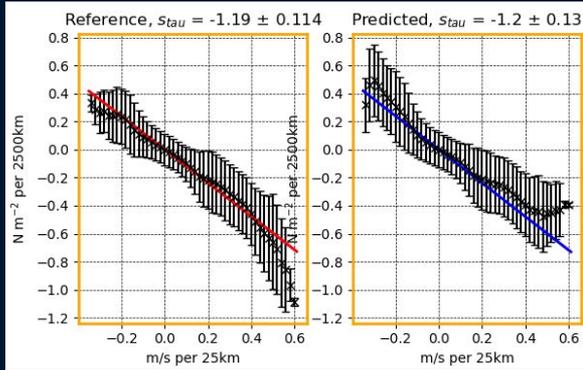


2.3

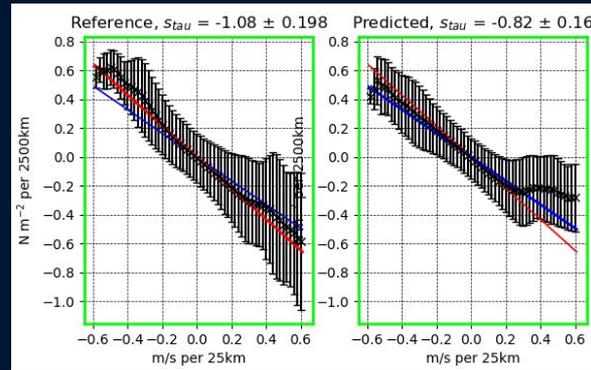
Résultats actuels

Coefficients de couplage

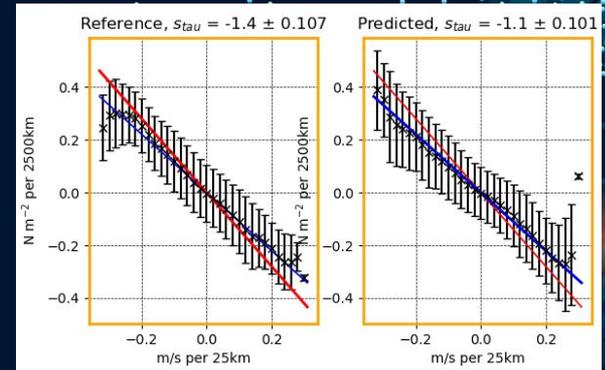
Réseaux de neurones pour le Couplage Océan-atmosphère



Côte de la Californie



Gulf Stream



Côte du Chili

S_{τ} : Vorticité des courants de surface et rotationnel de la tension de surface

Données : Moyennée sur 29 jours

Modèle : 2D : 256-1, 128-3, 64-5, 32-9

Résultats : Les droites prédites proche des droites souhaitées et meilleur que sans paramétrisation

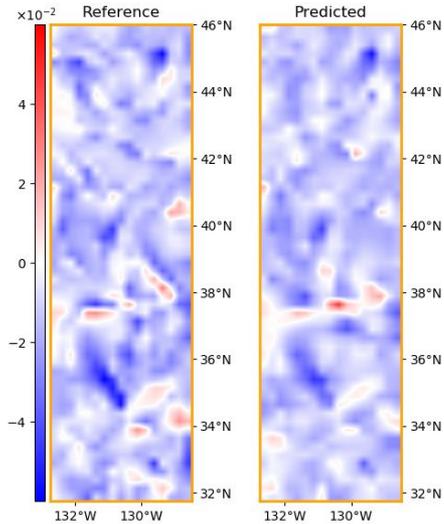
Réseaux de neurones pour le Couplage Océan-atmosphère

S_T : Vorticité des courants de surface et rotationnel de la tension de surface

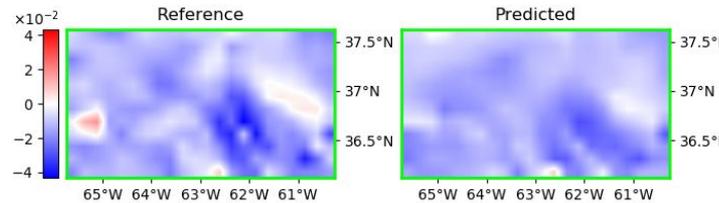
Données : Moyennée sur 29 jours

Modèle : 2D : 256-1, 128-3, 64-5, 32-9

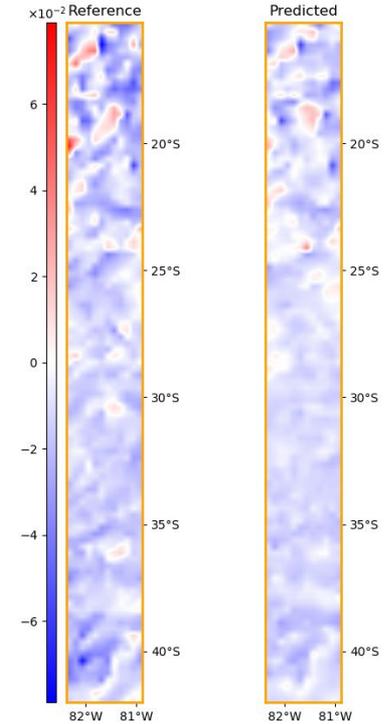
Resultats : Prédiction proche ce que l'on veut



Côte de la Californie



Gulf Stream



Côte du Chili

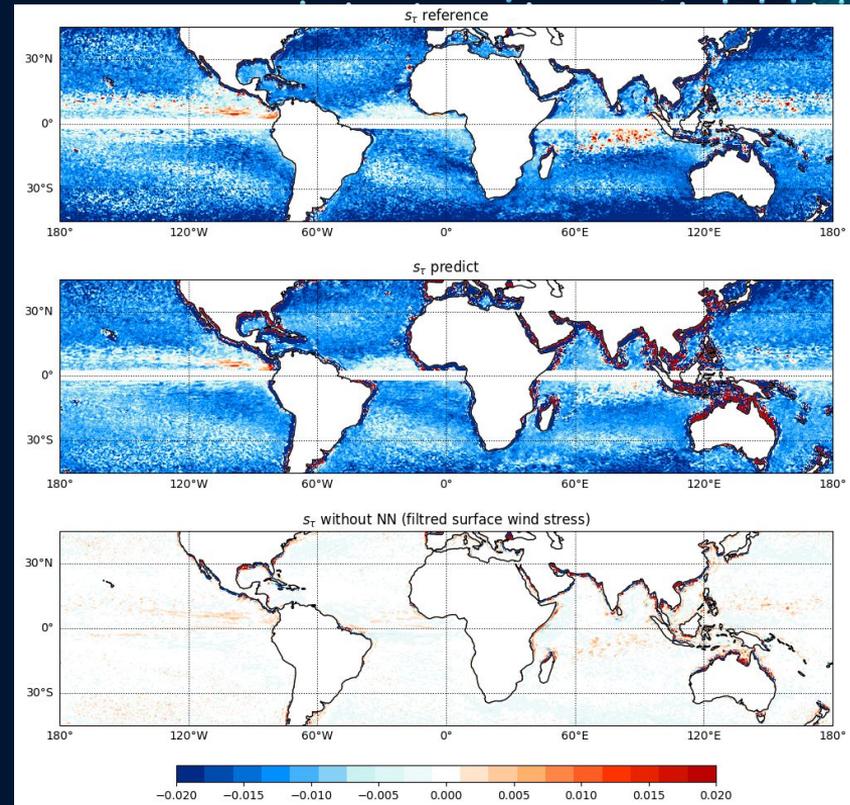
Réseaux de neurones pour le Couplage Océan-atmosphère

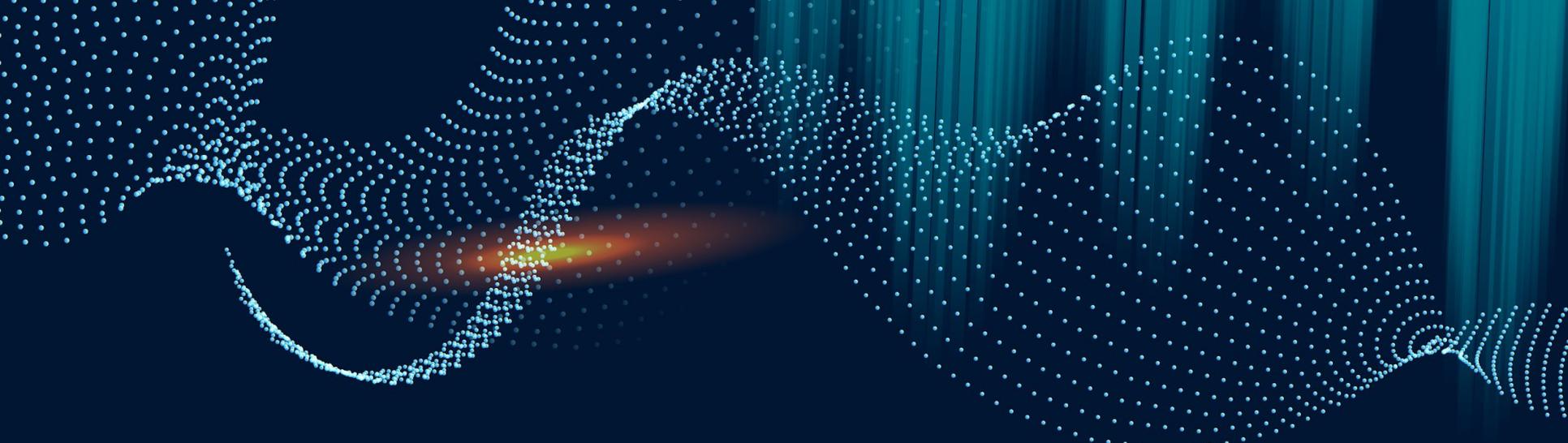
S_T : Vorticité des courants de surface et
rotationnel de la tension de surface

Données : Moyennées sur 29 jours

Modèle : 2D : 256-1, 128-3, 64-5, 32-9

Resultats : Prédiction proche ce que l'on veut





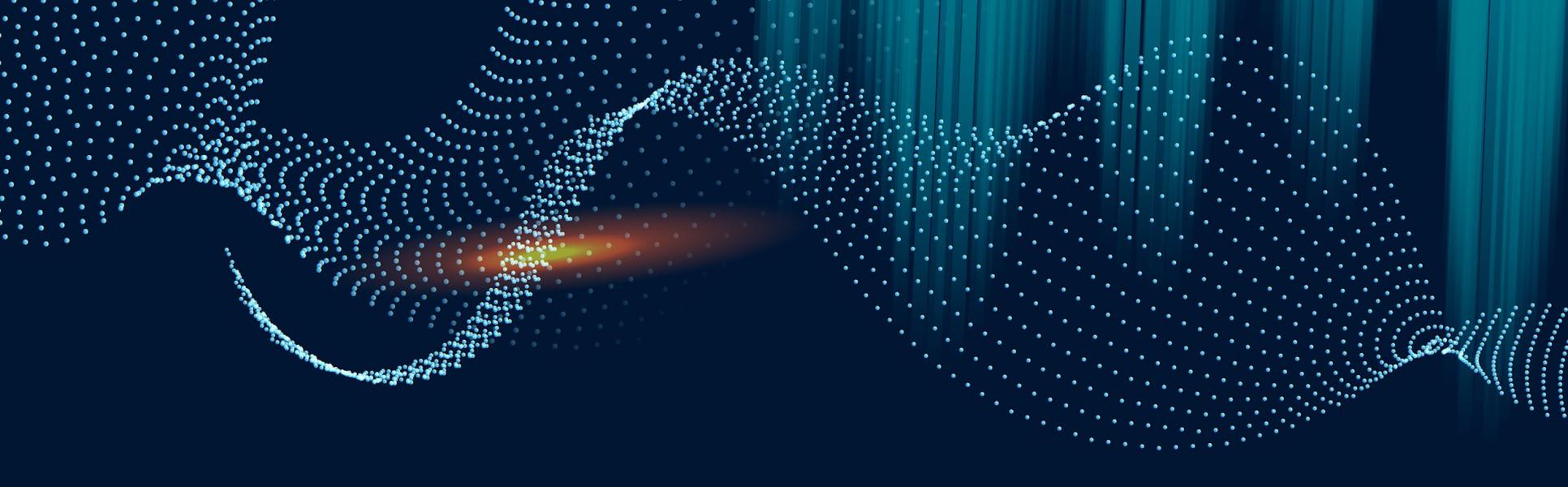
3.

CONCLUSION

Suites et perspectives

Conclusion

- Utilisation de réseau de neurones pour la couplage océan-atmosphère fonctionne
- Sélectionner et peaufiner le réseau de neurones
- Reste de nombreuses voies d'amélioration (data augmentation, skip connection, PINNs, considération temporelle)
- Intégration de ce réseau de neurones à un modèle océanique et d'un forçage atmosphérique



**Merci de votre
attention !**
