

## Des serveurs sous l'eau ?

Les datacenters représentent 1% de la demande électrique globale, et utilisent jusqu'à 50% de leur énergie pour refroidir les serveurs. Le projet Natick vise à étudier la faisabilité et viabilité du refroidissement de serveurs numériques par les eaux marines.

Dans le cadre de ce projet, Microsoft a déposé sur les fonds marins (35 m de profondeur) au large des Orcades en Écosse une capsule contenant des serveurs informatiques et l'y a laissé pour une durée de deux ans. La capsule a été remontée en 2020 et les résultats publiés par Microsoft concluent à la validation des objectifs listés à droite :



Améliorer l'efficacité énergétique des datacenters en diminuant le PUE à 1.07



Se rapprocher des utilisateurs, réduire les problèmes de latence et d'atténuation du signal

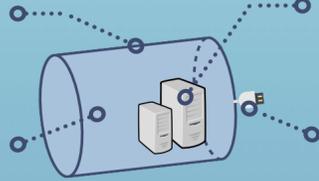


Être alimenté par des énergies renouvelables en surface

## Le datacenter sous-marin

Une atmosphère constituée de 100% de diazote 30% d'humidité maintenue artificiellement

Cylindre de 12.2 m de longueur et 3.2 m de diamètre, fabriqué par Naval Group



864 serveurs standards Microsoft en utilisation avec nouveau SSD pour un total de 27.6 PB de stockage  
20 Naticks = 1 datacenter moyen

240 kW de puissance électrique consommée



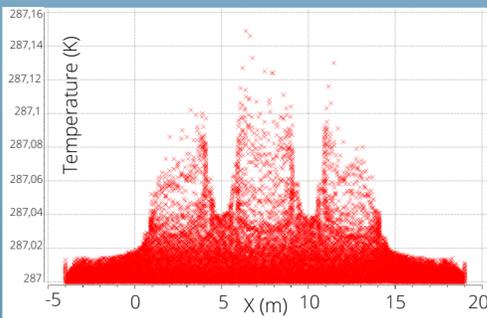
Photo de la capsule du projet Natick

## Problématique

À vouloir résoudre les problèmes énergétiques posés par le refroidissement des serveurs, la création d'un datacenter sous-marin pose-t-elle de nouveaux problèmes environnementaux ?

## Réchauffement de l'eau

L'étude d'un complexe de 3 datacenters séparés par une distance de 1.8 m a pour but de questionner l'impact de la réalisation à grande échelle du projet de Microsoft sur la température de l'eau environnante, et ses conséquences environnementales.



Évolution latérale de la température dans le domaine fluide

### Hypothèses

- Approximation par un cylindre homogène en acier source d'une puissance thermique volumique  $\Phi$
- Production de chaleur supposée homogène au sein du cylindre, avec  $\Phi = 2 \text{ kW/m}^3$
- L'eau est supposée incompressible. On se place dans les hypothèses de la loi de Fourier

Autour du cylindre central, sur une distance caractéristique de 1m, l'eau est échauffée de près de 0,1°C par rapport à sa température à l'infini.

Cet échauffement est relativement proche de Microsoft, qui annonçait une augmentation de 0,001°C à 10m.

## Perturbations acoustiques

Les vibrations sonores sont très importantes en milieu marin pour permettre à de nombreuses espèces de se déplacer ou de communiquer entre elles. Il convient donc de s'interroger sur l'impact à grande échelle de l'implantation des datacenters en termes de pollution sonore du milieu sous-marin.

### Le son en milieu marin

La mesure du niveau sonore ne se fait pas de la même façon dans l'air et dans l'eau, car les ondes sonores ont des comportements assez différents dans ces deux milieux. L'intensité sonore de référence utilisée dans la formule du niveau sonore n'est pas la même et donc les valeurs en décibel sont plus élevées que dans l'air. Il est aussi nécessaire d'introduire un coefficient d'absorption  $\alpha$  (Eq. 1) qui prend en compte l'atténuation des ondes sonores dans l'eau. La deuxième formule (Eq. 2) nous permettra d'obtenir l'intensité sonore pour k datacenters placés côte à côte.

$$\alpha = \frac{0,0036f^2}{f^2 + 3600} + 3,2 \cdot 10^{-7} f^2$$

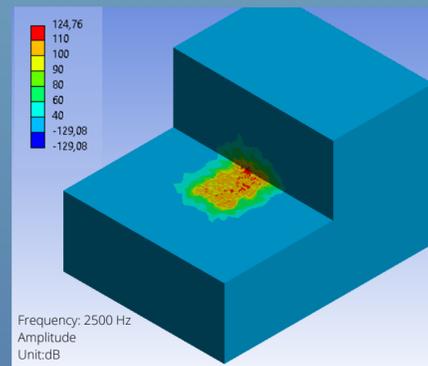
$\alpha$  est en dB/km et f en kHz

Équation 1

$$L_{tot} = L_{datacenter} + 10 \log(k)$$

Équation 2

### Sources sonores et hypothèses



Principales sources d'émissions de vibrations sonores:

- Les pompes destinées à évacuer l'eau entrée dans le datacenter (négligées car activation périodique)
- Les pompes destinées à faire fonctionner le système de refroidissement

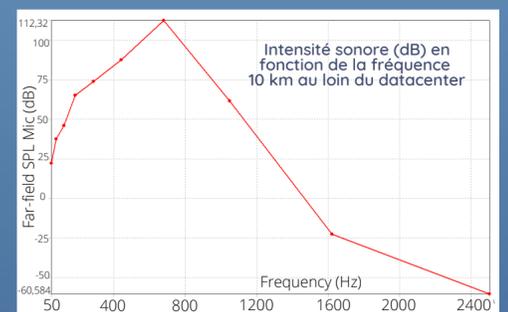
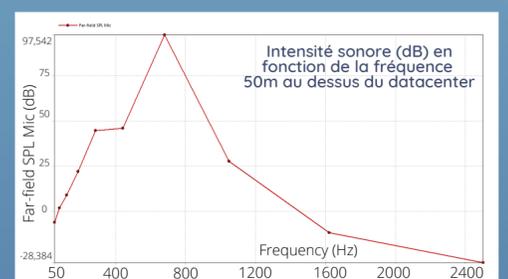
Les vibrations dues aux pompes sont émises à des fréquences très basses (de l'ordre de 500 Hz à 2 kHz), le coefficient d'absorption est donc quasi nul.

On étudie trois datacenters placés côte à côte, assimilés chacun à un plaque résonante de surface équivalente en acier. Ils subissent chacun une force de 1 Newton.

### Bruit et espèces marines

La présence d'un certain nombre, même relativement élevé, de datacenters ne présente donc pas de risques directs mortels pour certaines espèces, néanmoins ils agissent comme un « masque » permanent pour les autres vibrations acoustiques, de la même façon que le font les bateaux lorsqu'ils passent sur l'eau. Ce masquage est tout de même considéré comme une grande perturbation pour les écosystèmes, il convient donc de le limiter autant que possible.

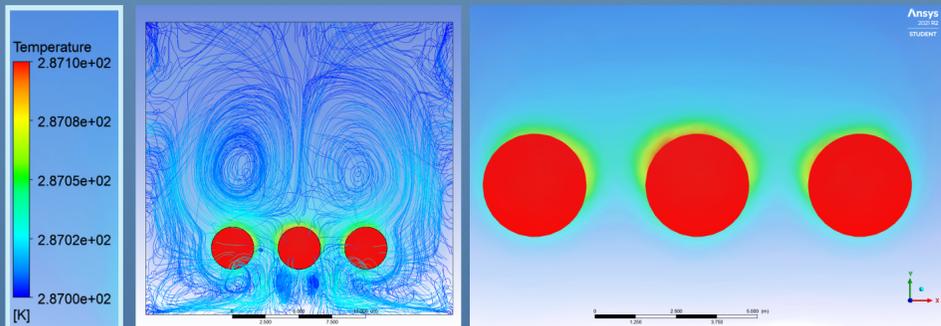
### Propagation : résultats



Même à grande distance, pour les fréquences auxquelles fonctionnent les pompes, le niveau sonore peut avoisiner les 100 dB. Pour une flotte de 100 datacenters côte-à-côte, on pourrait avoir aux alentours de 120 à 130 dB même à 10km des datacenters.

## Résultats de la simulation

On remarque alors que la répartition de la chaleur dans l'eau n'est pas homogène. On dénote également l'apparition d'un courant induit à l'instar d'une cellule de convection.



## La biodiversité en danger ?

La chaleur est un facteur d'attractivité biologique important. Mais si celle-ci a tendance à enrichir la biodiversité, elle peut tout aussi bien la détruire. En effet, si la température venait à devenir trop grande, le datacenter pourrait servir de point de passage pour de nombreuses espèces invasives. Par exemple, les poissons-lapin du Liban bloqués par les eaux froides coloniseraient des milieux plus chauds. L'impact des serveurs marins sur l'eau n'est donc pas linéaire, et la rupture thermique que provoquerait l'implémentation du dispositif à grande échelle, bien que faible, mérite d'être prise en compte.

## Mais aussi...

Laissée sans intervention humaine pendant la durée du cycle (environ 5 ans), l'infrastructure immergée doit faire face aux risques du milieu marin. Les éléments suivants présentent peu de danger pour la capsule sous-marine mais constituent des risques indirects pour l'environnement:



### Résistance structurelle

La profondeur est suffisamment élevée pour négliger les risques de pression soudaine



### Perturbations électromagnétiques

La structure de la capsule s'apparente à celle d'un sous-marin passivé, i.e. dont le champ émis est compensé par un dispositif annexe



### Incendies

Si l'atmosphère de diazote empêche le phénomène de combustion au dioxygène, l'élévation de température dans la capsule peut provoquer la pyrolyse de certains polymères et conduire à la formation d'un "incendie froid"



### Autres perturbations

Déposer un obstacle sur le fond marin perturbe la dépose des sédiments ainsi que le courant marin, ce qui peut conduire à la modification locale de la biodiversité



### Étanchéité

La structure de sous-marin assure une excellente étanchéité à la capsule

## Conclusion

L'expérience menée par Microsoft présente donc de nombreux avantages par rapport aux datacenters en fonctionnement en surface. Néanmoins, face aux risques que la mise en place de ce système à grande échelle pourrait générer pour la faune marine, il est nécessaire d'adopter une approche réfléchie afin d'exploiter au mieux cette solution dans le cadre de la lutte contre le changement climatique.



## Bibliographie

- Brown AS. Heat Sink Sunk. Mechanical Engineering, 2017 Jan 1;139(01):40-5.
- Les impacts du bruit sur la biodiversité [Internet]. [cité 2021 Dec 13]. Available from: <https://www.bruitparif.fr/les-impacts-du-bruit-sur-la-biodiversite/>
- Project Natick Phase 2 [Internet]. [cité 2021 Dec 13]. Available from: <https://natick.research.microsoft.com/>
- Peterson EC, Cutler BF, Foley T, Johnson P, Fleming AJ, Tuckerman DB. Underwater container cooling via external heat exchanger [Internet]. US9844167B2, 2017 [cité 2021 Dec 13]. Available from: <https://patents.google.com/patent/US9844167B2/en>
- Menace en mer: les espèces exotiques envahissantes dans l'environnement marin [Internet]. UICN, 2016. Available from: <https://www.uicn.org/fr/content/menace-en-mer-les-especes-exotiques-envahissantes-dans-lenvironnement-marin>

