

The logo for LS2N, consisting of the letters 'LS2N' in a stylized, blue, sans-serif font.

Laboratoire des Sciences  
du Numérique de Nantes

The logo for Naval Group, with the word 'NAVAL' in blue and 'GROUP' in a smaller blue font below it.

# Méthodes et outils de maîtrise des risques biologiques des navires militaires

*SAGIP école SED*

*12-14/03/2025*

Début de la thèse : 02/10/2023

Directrices de thèse :

**Catherine Da Cunha** (LS2N)

**Emmanuelle Billon-Denis** (IRBA)

Encadrants à Naval Group :

**Audrey Duclos & Clément Beghin**

# Contexte

Date	Navire	Nationalité	Maladie	Contamination et conséquences
XVIII <sup>ième</sup> (janvier 1758)	Palmier	FR	Typhus	61,6% (292/474) <b>décès</b>
Novembre 2003	Aurora (civil)	GB	Gastro-entérite virale	18.5% (500/2700)
Janvier 2019	Oasis of the seas (civil)	US	Gastro-entérite virale	7.9% (500/6300)
Février 2020	Diamond Princess (civil)	US	Covid-19	19.2% (712/3711) et 14 <b>décès</b>
Mars 2020	PA USS Theodore Roosevelt	US	Covid-19	26.5% (1271/4800), 1 <b>décès</b> , arrêt de la mission
Avril 2020	PACDG	FR	Covid-19	60.2% (1064/1767), arrêt de la mission
Avril 2020	FDA Chevalier Paul	FR	Covid-19	7.4% (16/216), arrêt de la mission
Avril 2020	SM HNLMS Dolfijn	NL	Covid-19	13.8% (8/58), arrêt de la mission
Avril 2020	Destroyer USS Kidd	US	Covid-19	29.1% (96/330), arrêt de la mission
Octobre 2020	SNLE HMS Vigilant	GB	Covid-19	35 cas

# Contexte

Depuis toujours, les navires sont sujets aux épidémies...

Date	Navire	Nationalité	Maladie	Contamination et conséquences
XVIII <sup>ième</sup> (janvier 1758)	Palmier	FR	Typhus	61,6% (292/474) <b>décès</b>
Novembre 2003	Aurora (civil)	GB	Gastro-entérite virale	18.5% (500/2700)
Janvier 2019	Oasis of the seas (civil)	US	Gastro-entérite virale	7.9% (500/6300)
Février 2020	Diamond Princess (civil)	US	Covid-19	19.2% (712/3711) et 14 <b>décès</b>
Mars 2020	PA USS Theodore Roosevelt	US	Covid-19	26.5% (1271/4800), 1 <b>décès</b> , arrêt de la mission
Avril 2020	PACDG	FR	Covid-19	60.2% (1064/1767), arrêt de la mission
Avril 2020	FDA Chevalier Paul	FR	Covid-19	7.4% (16/216), arrêt de la mission
Avril 2020	SM HNLMS Dolfijn	NL	Covid-19	13.8% (8/58), arrêt de la mission
Avril 2020	Destroyer USS Kidd	US	Covid-19	29.1% (96/330), arrêt de la mission
Octobre 2020	SNLE HMS Vigilant	GB	Covid-19	35 cas

# Contexte

Depuis toujours, les navires sont sujets aux épidémies...

Cause : promiscuité, mauvaise circulation de l'air, accès limité aux soins...

Date	Navire	Nationalité	Maladie	Contamination et conséquences
XVIII <sup>ème</sup> (janvier 1758)	Palmier	FR	Typhus	61,6% (292/474) décès
Novembre 2003	MS Golden Breeze	FR	Scarlatine	100% (2700/2700)
Janvier 2019	MS Golden Breeze	FR	Scarlatine	100% (2700/2700)
Février 2020	Diamant Princess (civil)	FR	Covid-19	19,2% (712/3711) et 14 décès
Mars 2020	PA USS Theodore Roosevelt	US	Covid-19	26,5% (1271/4800), 1 décès, arrêt de la mission
Avril 2020	PACDG	FR	Covid-19	60,2% (1064/1767), arrêt de la mission
Avril 2020	FDA Chevalier Paul	FR	Covid-19	7,4% (16/216), arrêt de la mission
Avril 2020	SM HNLMS Dolfijn	NL	Covid-19	13,8% (8/58), arrêt de la mission
Avril 2020	Destroyer USS Kidd	US	Covid-19	29,1% (96/330), arrêt de la mission
Octobre 2020	SNLE HMS Vigilant	GB	Covid-19	35 cas

# Contexte

Depuis toujours, les navires sont sujets aux épidémies...

Cause : promiscuité, mauvaise circulation de l'air, accès limité aux soins...

## Il est essentiel :

- Mettre en œuvre des solutions qui limitent le risque biologique.
- Maîtriser les risques biologiques.

Date	Navire	Nationalité	Maladie	Contamination et conséquences
XVIII <sup>ème</sup> (janvier 1758)	Palmier	FR	Typhus	61,6% (292/474) décès
Novembre 2003	MS Golden Breeze	FR	SARS	100% (2700/2700)
Janvier 2019	MS Princess Alice	FR	SARS	100% (100/100)
Février 2020	Diamond Princess (civil)	JP	Covid-19	19,2% (712/3711) et 14 décès
Avril 2020	SM HNLMS Dolfijn	NL	Covid-19	13,8% (8/58), arrêt de la mission
Avril 2020	Destroyer USS Kidd	US	Covid-19	29,1% (96/330), arrêt de la mission
Octobre 2020	SNLE HMS Vigilant	GB	Covid-19	35 cas

# Contexte

Depuis toujours, les navires sont sujets aux épidémies...

Date	Navire	Nationalité	Maladie	Contamination et conséquences
XVII <sup>ème</sup> (janvier 1758)	Palmier	FR	Typhus	61.6% (292/474) décès
Novembre 2003	MS Golden Breeze	FR	SARS	100% (2700/2700)
Janvier 2019	MS Princess Alice	FR	SARS	100% (100)
Février 2020	Diamond Princess (civil)	JP	Covid-19	19.2% (712/3711) et 14 décès
Avril 2020	SM HNLMS Dolfijn	NL	Covid-19	13.8% (8/58), arrêt de la mission
Avril 2020	Destroyer USS Kidd	US	Covid-19	29.1% (96/330), arrêt de la mission
Octobre 2020	SNLE HMS Vigilant	GB	Covid-19	35 cas

Cause : promiscuité, mauvaise circulation de l'air, accès limité aux soins...

## Il est essentiel :

- Mettre en œuvre des solutions qui limitent le risque biologique.
- Maîtriser les risques biologiques.

## Résultats attendus

- Modèle de propagation des agents pathogènes à bord
- Modèle de déplacement des marins à bord
- Outils de simulation d'évaluation de la biorésilience des navires



## Démarches en 3 axes :

### Méthodes

- Définir les paramètres dimensionnant la propagation d'agents infectieux à bord du navire.
- Définir les modèles de propagation d'agents infectieux et de les confronter à l'architecture du navire.

### Outils

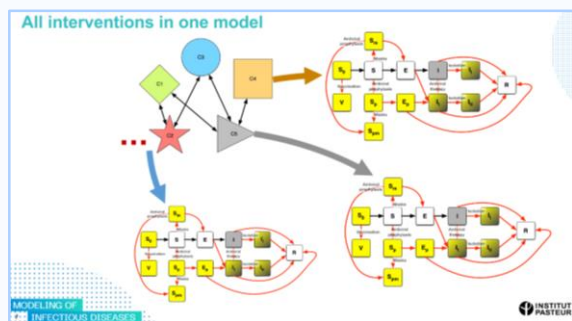
- Mettre en place un outil de simulation de l'évaluation de la propagation des épidémies à bord



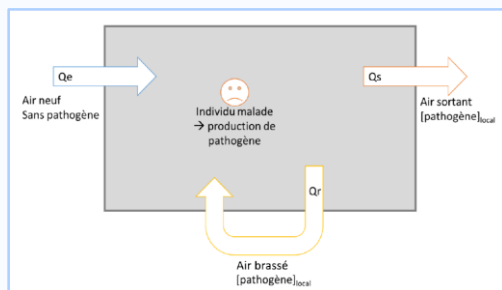
# Variété de modèles

## Modèles compartimentaux, réseaux et analytiques :

- SEIR amélioré



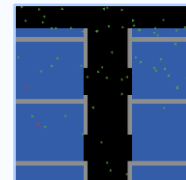
- Analytiques



- EpiModel sur R (modèle réseau)
- Mathematica et MATLAB

## Modèles agents :

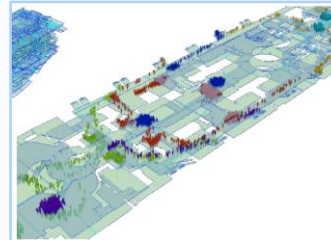
- NetLogo



- MassMotion



- Odigo

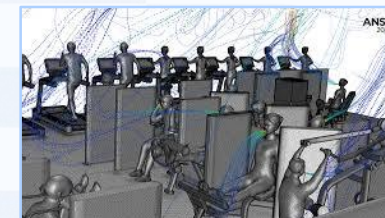


- AnyLogic

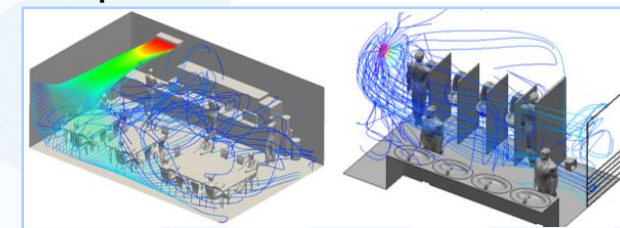


## Modèles CFD :

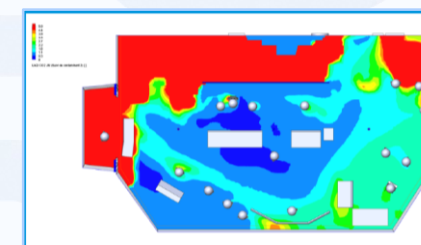
- ANSYS Fluent



- OpenFOAM



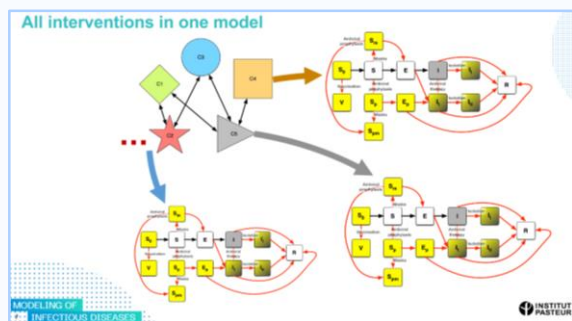
- SolidWorks flow Simulation



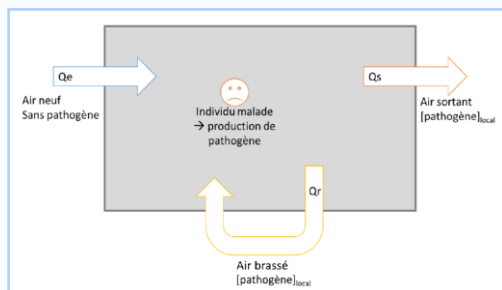
# Variété de modèles

## Modèles compartimentaux, réseaux et analytiques :

- SEIR amélioré



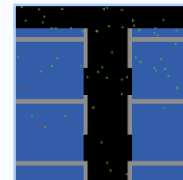
- Analytiques



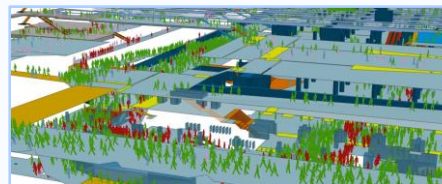
- EpiModel sur R (modèle réseau)
- Mathematica et MATLAB

## Modèles agents :

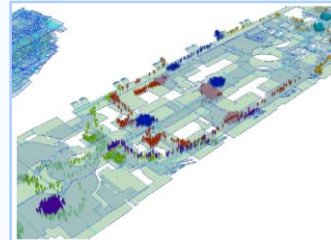
- NetLogo



- MassMotion



- Odigo

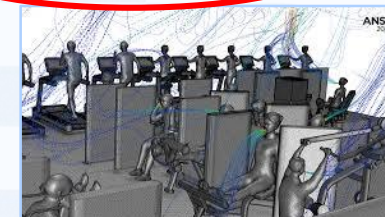


- AnyLogic

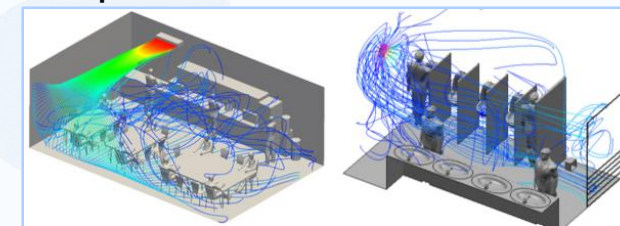


## Modèles CFD :

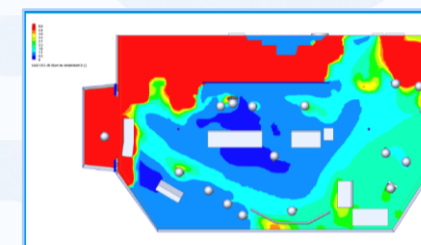
- ANSYS Fluent



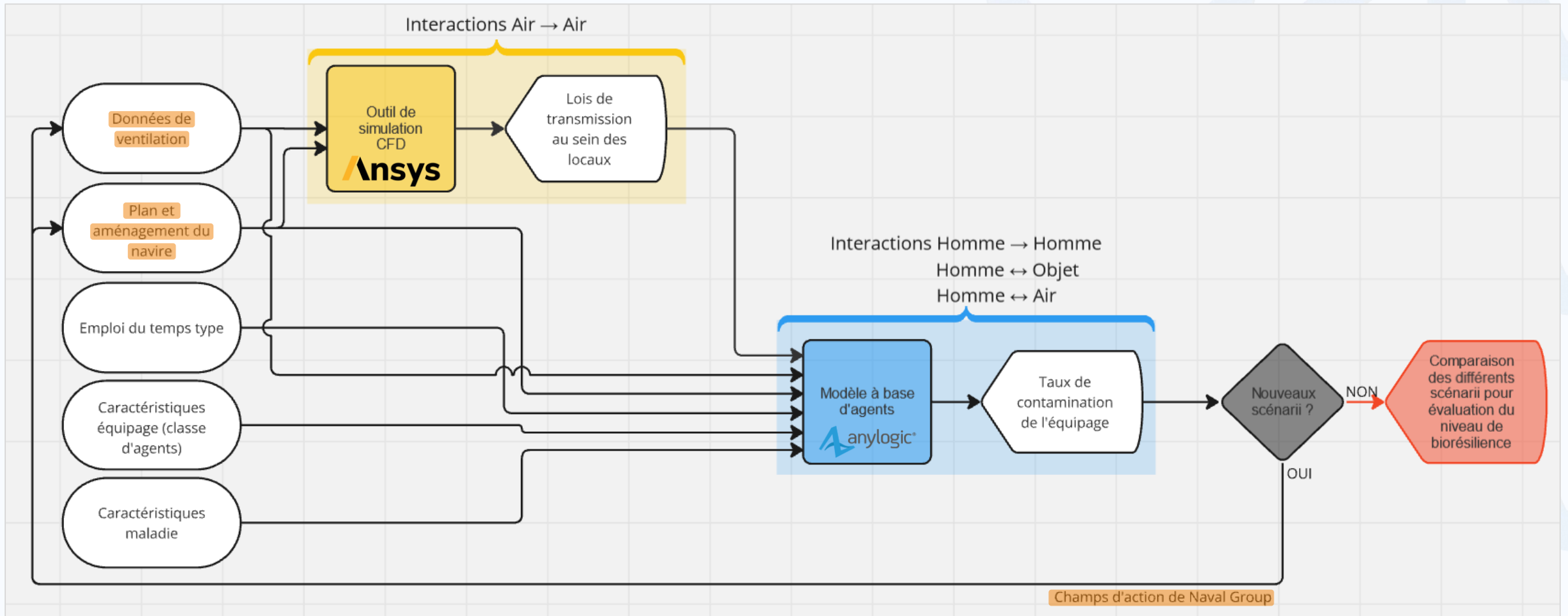
- OpenFOAM



- SolidWorks flow Simulation



# Principe de la simulation



Legend:

Employ du temps type : parameters / input data

Lois de transmission au sein des locaux : results from simulation software

# Merci pour votre attention

Contacts : [clara.inghels@ls2n.fr](mailto:clara.inghels@ls2n.fr)

