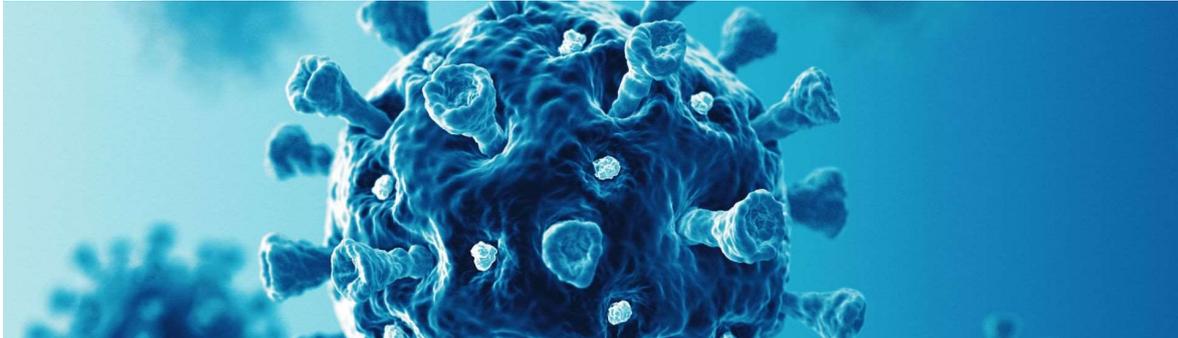




ETUDE D'ÉVALUATION DES RISQUES ÉPIDÉMIQUES A BORD DES NAVIRES MILITAIRES

Rima Ghemraoui – Conférence ATMA 17/10/2023



1

SOMMAIRE

- I. Contexte
 - A. Historique des épidémies à bord des navires
 - B. Enjeux et mesures prises
- II. Démarche globale d'évaluation et de réduction de risques
- III. Cas d'étude : pathogènes aéroportés et évaluation de la ventilation d'un local cible
- IV. Conclusions et suite des travaux

2

CONTEXTE

Le Monde Coronavirus et pandémie de Covid-19 L'évolution de l'épidémie Suivi de la vaccination

INTERNATIONAL - CORONAVIRUS ET PANDÉMIE DE COVID-19

668 marins du « Charles de Gaulle » positifs au Covid-19 : les opérations militaires rattrapées par le coronavirus

Le ministère des armées a annoncé, mercredi, qu'au moins un tiers des 1767 marins du porte-avions avaient été testés positifs. Ils seront sans doute plus, 30 % des tests n'ayant pas livré leur résultat.

Par Nathalie Guibert
Publié le 16 avril 2020 à 21h33 - M

TF1

Soupçonnés d'être des clusters, plus de 60 navires de croisière dans le viseur des autorités sanitaires américaines

La rédaction de LCI (avec AFP)
Publié le 21 décembre 2023 à 10h39

Covid-19 : avec la vague Omicron, les croisières vivent au calvaire

Analyse Malgré les mesures sanitaires mises en place pour des voyages en toute sécurité, de nombreux paquebots accusent ces dernières semaines une hausse importante de cas de Covid-19. Entre confinements improvisés et annulations à la dernière minute, le voyage peut vite tourner au cauchemar.

Iliara Federico, le 04/01/2022 à 16:04 Modifié le 04/01/2022 à 16:48



Bateaux de croisière, porte-avions... Comment les navires ont contribué à propager la pandémie de Covid-19

La rédaction de LCI
Publié le 16 avril 2020 à 11h02, mis à jour le 16 avril 2020 à 11h48

Plus de 700 cas de Covid-19 ont été enregistrés à bord du Diamond Princess, ce paquebot de croisière japonais qui transportait environ 3700 personnes.
Source : XA224810 N001 / AFP

Les épidémies, la hantise des marins

Isolation, promiscuité, circuit fermé: les épidémies constituent la hantise des marins. La pandémie de Covid-19 a d'ailleurs déjà frappé plusieurs navires de tourisme ainsi que le porte-avions américain USS Theodore Roosevelt, dans le Pacifique.

L'événement a provoqué une crise d'ampleur. Le commandant du navire a été démis de ses fonctions après avoir demandé l'évacuation immédiate de son bâtiment, immobilisé à l'île de Guam. Le secrétaire l'US Navy Thomas Modly, vivement critiqué pour la gestion de la crise, a dû ensuite démissionner.



BFM 24 DIRECT TV



ALERTE INFO: Convois de l'Armée de l'Air

CLUSTER DANS UNE CROISIÈRE PARTIE DE MARSEILLE

ALERTE INFO: Meetings: "On ne peut pas interdire des rassemblements si importants... mais nous serons exemplaires" (V.P.)

LE DE/ INFO

Au moins 45 passagers d'un navire de croisière parti de Marseille positifs au Covid-19

Au moins 45 passagers d'un navire de croisière ont été placés en quarantaine lundi dans le port de Gênes et pris en...

Coronavirus : Des touristes expulsés d'une croisière en Méditerranée pour non-respect des règles anti-Covid

ON NE RIGOLE PLUS Le MSC Grandiosa avait été le premier grand navire de croisière à prendre la mer en Méditerranée après une longue interruption due à la pandémie

20 Minutes avec AFP | Publié le 21/08/20 à 09h43 — Mis à jour le 21/08/20 à 10h00

HISTORIQUE – ÉPIDÉMIES À BORD DES NAVIRES MILITAIRES

Date	Navire	Nationalité	Maladie	Contamination et conséquences
Mai 2007	PH USS Boxer	Américaine	Pneumonie	16.7% (179/1074) personnes avec des problèmes respiratoires
2009	PACDG	Française	Grippe A H1N1	/
Mars 2020	PA USS Ronald Reagan	Américaine	Covid-19	16 cas
Mars 2020	PA USS Theodore Roosevelt	Américaine	Covid-19	26.5% (1271/4800), 1 décès, arrêt de la mission
Avril 2020	PACDG	Française	Covid-19	60.2% (1064/1767), arrêt de la mission
Avril 2020	FDA Chevalier Paul	Française	Covid-19	7.4% (16/216), arrêt de la mission
Avril 2020	SM HNLMS Dolfijn	Hollandaise	Covid-19	13.8% (8/58), arrêt de la mission
Avril 2020	Destroyer USS Kidd	Américaine	Covid-19	29.1% (96/330), arrêt de la mission
Juillet 2020	PA HMS Queen Elizabeth	Britannique	Covid-19	6.3% (100/1600)
Octobre 2020	SNLE HMS Vigilant	Britannique	Covid-19	35 cas



Épidémie Covid-19 :

- Multi-introduction du virus
- Promiscuité
- Manque d'informations sur la maladie
- Arrêt des missions
- Mesures pour limiter la propagation

© Naval Group SA property, "2022", all rights reserved.

ATMA 17/10/2023 | 4

HISTORIQUE – ÉPIDÉMIES À BORD DES NAVIRES CIVILS



Date	Navire	Nationalité	Maladie	Contaminations et conséquences
Novembre 2003	Aurora	Britannique	Gastro-entérite	18.5% (500/2700)
2014	Crown Princess	Britannique	Gastro-entérite	4.1% (170/4160)
Janvier 2019	Oasis of the seas	Américaine	Gastro-entérite	7.9% (500/6300)
Février 2020	Diamond Princess	Américaine	Covid-19	19.2% (712/3711) et 14 décès
Mars 2020	Zaandam	Hollandaise	Covid-19	1.12% (14/1250), 4 décès
Mars 2020	Ruby Princess	Américaine	Covid-19	900 cas, 28 décès
Avril 2020	Coral Princess	Britannique	Covid-19	0.6% (12/1900), 2 décès
Juin 2020	Celebrity Millenium	Américaine	Covid-19	/
Décembre 2021	Odyssey of the Seas	Bahamienne	Covid-19	1.1% (55/5186)
Janvier 2022	MSC Grandiosa	Suisse	Covid-19	150 cas
Novembre 2022	Majestic Princess	Américaine	Covid-19	17.4% (800/4600)

Épidémie Covid-19 :

- 2789 cas enregistrés
- Multi-introduction du virus
- Promiscuité
- Manque d'informations sur la maladie
- Arrêt des croisières
- Mesures pour limiter la propagation

5

ENJEUX



Sur le plan opérationnel :

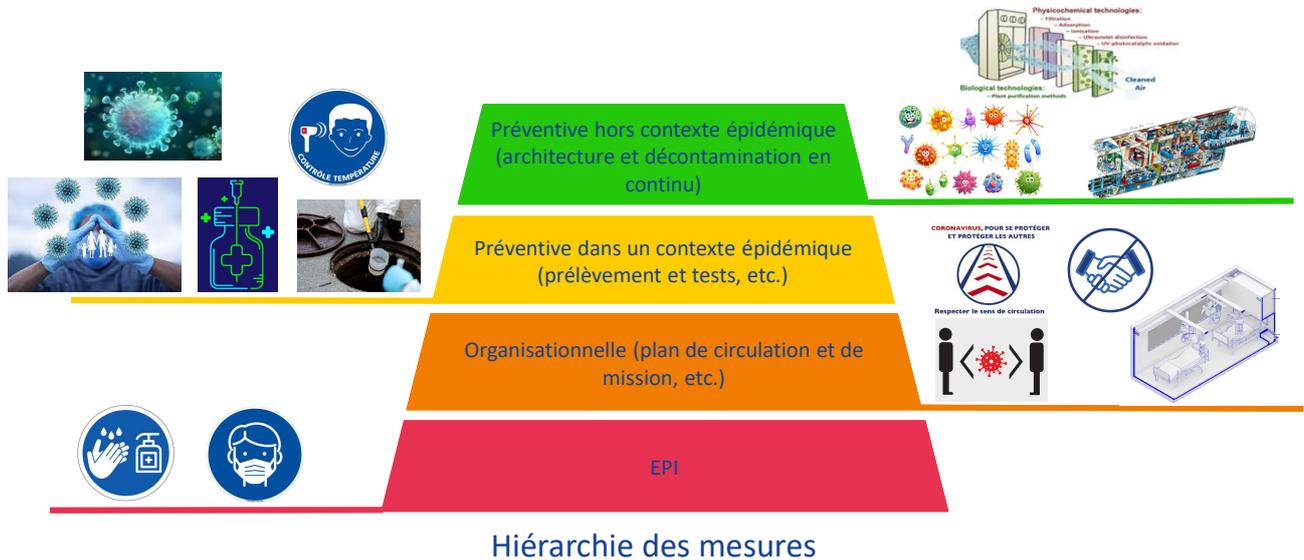
- Impact conséquent sur la **garantie de l'efficacité opérationnelle** et la **poursuite de la mission**
- Agression par **mode commun de l'équipage**

Objectifs :

- Disposer d'un navire à forte résilience biologique permet de maîtriser l'impact d'**une éventuelle menace épidémique**.
- **Prévenir au plus tôt la présence de pathogènes** afin de ralentir leur propagation à bord du bateau et décider éventuellement d'un plan de réorganisation de la mission.
- **Monter en compétence** et créer un réseau de partenaires spécialistes en biologie (épidémie, virologie, etc.).
- Proposer une offre pour répondre aux **besoins des programmes et des clients** dans l'amélioration de la résilience biologique des navires.

6

MESURES : PRÉVENTIVES, CURATIVES, ORGANISATIONNELLES ET PAR CONCEPTION



Hiérarchie des mesures

© Naval Group SA property, "2022", all rights reserved.

ATMA 17/10/2023

7

7



DÉMARCHE D'ÉVALUATION ET DE RÉDUCTION DES RISQUES ÉPIDÉMIQUES

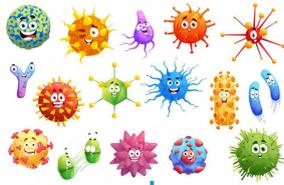


8

LA PROBLÉMATIQUE

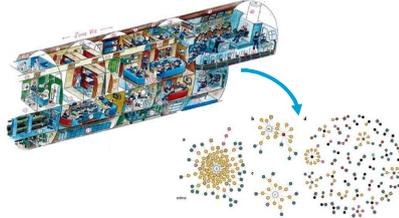
Hierarchisation des pathogènes

Multitude de pathogènes plus ou moins dangereux et plusieurs modes de transmission avec des caractéristiques de propagation variables



Identifier des caractéristiques englobantes, détectables, les critères cliniques d'évaluation et les seuils d'acceptabilité

Diversité de missions et d'architectures de bateaux



Déterminer des missions type et les principaux lieux de contamination

Benchmark de solutions technologiques

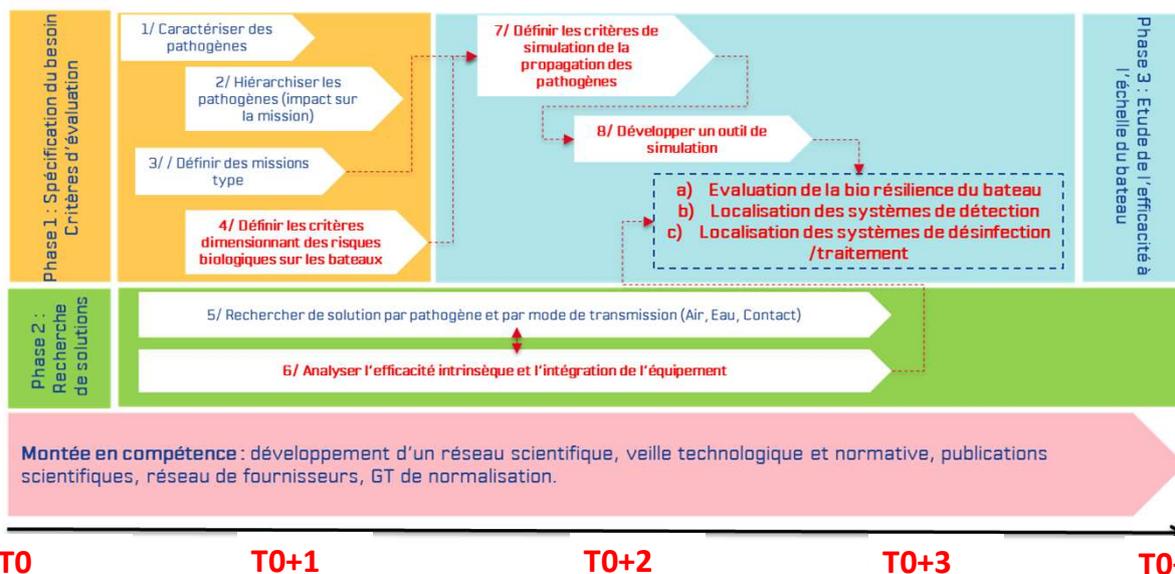
Diversité des solutions technologiques par type de pathogène et par mode de transmission

> 100 aine de technos disponibles sur le marché

Identifier les solutions pertinentes (sur la base des critères cliniques d'évaluation + analyses technico-économique)

9

DÉMARCHE PROPOSÉE



10

PATHOGÈNES AÉROPORTÉS ET ÉVALUATION DE LA VENTILATION D'UN LOCAL CIBLE



11

HIÉRARCHISATION DES PATHOGÈNES ET IMPACT SUR LA MISSION



Pathogènes	Gravité clinique		Contagiosité		IPR
	Symptômes	Niveau de gravité	R0	Niveau de contagiosité	
SARS-CoV-2	Fièvre, maux de tête, frissons, toux, courbatures, fatigue, diarrhée, difficultés respiratoires, quelques cas de décès	4	2,2 < R0 < 5.7 [19]	2	8
Influenza	Fièvre, maux de tête, frissons, toux, courbatures, fatigue, diarrhée, difficultés respiratoires	3	< 3 [20]	2	6
Méningocoque	Fièvre, maux de tête, photophobie, raideur de la nuque, nausées, vomissements	3	1,3 [21]	1	3

Gravité clinique	
5- Catastrophique	Mortalité fréquente
4- Critique	Morbidité immédiate avec gravité irréversible
3- Majeure	Morbidité immédiate avec gravité réversible
2- Modérée	Morbidité immédiate sans gravité
1- Mineure	Pas d'impact clinique (ambulatoire sans impact sur le quotidien)

Contagiosité / Propagation de la maladie	
5- Extrême	Indice de contagiosité (R0) strictement supérieur à 12 et inférieur ou égal à 18
4- Très forte	Indice de contagiosité (R0) strictement supérieur à 7 et inférieur ou égal à 12
3- Importante	Indice de contagiosité (R0) strictement supérieur à 5 et inférieur ou égal à 7
2- Modérée	Indice de contagiosité (R0) strictement supérieur à 1 et inférieur ou égal à 5
1- Mineure	Indice de contagiosité (R0) supérieur à 0 et inférieur ou égal à 1

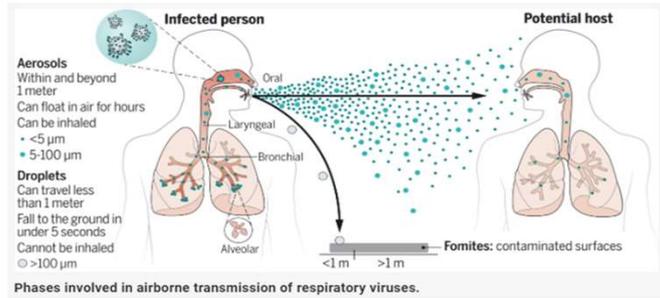
Indice de Priorisation du Risque (IPR)

Gravité	Critères	Contagiosité				
		5	4	3	2	1
5	5	25	20	15	10	5
4	4	20	16	12	8	4
3	3	15	12	9	6	3
2	2	10	8	6	4	2
1	1	5	4	3	2	1

© Naval Group SA property, 2022, all rights reserved.

12

CARACTÉRISATION DES PATHOGÈNES



<https://www.science.org/doi/pdf/10.1126/science.abd9149>

- **Principaux critères physiques de contamination :**

- La **dose** ou le seuil de contagiosité du pathogène exprimé scientifiquement par le Di50
- Les conditions environnementales et spécifiquement **l'humidité et la T°C**
- Le **portage d'un pathogène** (distance de propagation)
- Le **temps de survie sans hôte** : en h
- **L'émission** : vitesse à laquelle un individu charge l'air avec des pathogènes (quanta /h).

13

EVALUATION DU NIVEAU DE VENTILATION

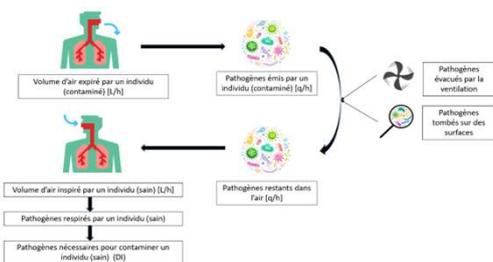


Tableau 3 : TBH pour chaque local étudié

Local	Local 01	Local 02	Local 03	Local 04	Local 05
TBH	18	10	10	7.5	1.5

Le pathogène étudié est l'Influenza virus, avec un quanta maximal de 500 par heure.

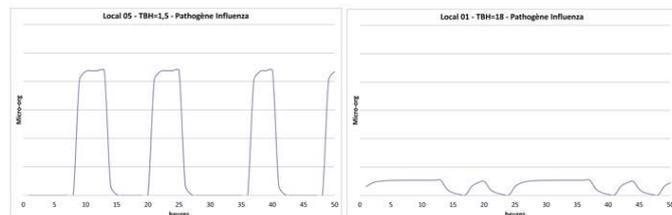
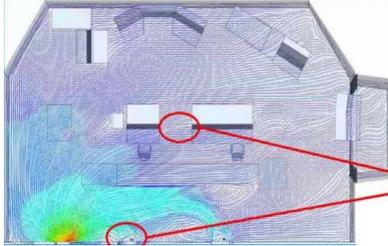


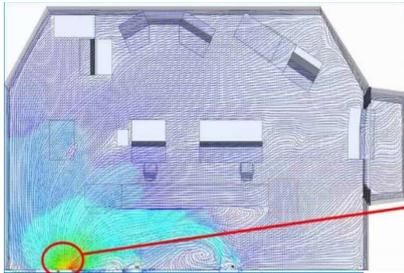
Figure 5 : Evolution de la quantité de microorganismes dans les locaux 01 et 05 en fonction du temps

14

MODÉLISATION CDF POUR LES LOCAUX AVEC UN TBH < 10



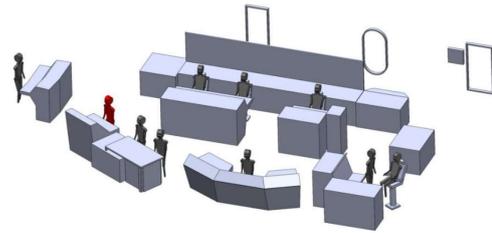
Zone d'intérêt 2: zone de recirculation forte



Zone d'intérêt 1: bouche d'extraction

Etude avec injection de pathogènes en cours

Image 3D du scénario 1



© Naval Group SA property, "2022", all rights reserved.

ATMA 17/10/2023

15

15



SUITE DES TRAVAUX



16

CONCLUSIONS

- **Connaissance des pathogènes et prédiction du futur : caractéristiques englobantes**
- **Modélisation statique ne tient pas compte de la dynamique de la transmission**
 - **Plusieurs personnes malades**
 - **Distribution hétérogène des pathogènes et des flux d'air**
 - **Modèle de propagation par déplacement (modèle propre à l'architecture et la mission)**
- **Identification des modèles empiriques et non statistiques de la propagation sur un navire**

SUITE DES TRAVAUX

