

# Raisonnement automatique en milieu industriel

## Cas d'applications

Estelle Chauveau  
chauveau.estelle@gmail.com

Naval Group

13 janvier 2019

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et  
réalisation d'un  
prototype

Communiquer sur  
son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas  
d'application

Outils de travail

La recherche en  
entreprise

Exemple de projets de  
recherche

Organisation de la  
recherche

Financement de la  
recherche

Synthèse et  
évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

## Introduction

### Les grandes étapes d'un projet de recherche industriel

### Communiquer sur son travail

### Outils de travail

### La recherche en entreprise

### Synthèse et évaluation du l'UE

### Introduction

#### Les grandes étapes

- Travaux en amont
- Modélisation
- Résolution
- Validation et réalisation d'un prototype

#### Communiquer sur son travail

- Définition et objectifs
- Enjeux industriels
- Deux cas d'application

#### Outils de travail

#### La recherche en entreprise

- Exemple de projets de recherche
- Organisation de la recherche
- Financement de la recherche

#### Synthèse et évaluation du l'UE

- Synthèse
- Évaluation

# Mon parcours

- ▶ INSA Toulouse spécialité génie logiciel (2009-2014)
- ▶ Double master en recherche opérationnelle (2014)
- ▶ Thèse CIFRE sur l'optimisation des routes maritimes chez Atos (2014-2017)
- ▶ Ingénierie de recherche chez Naval Group (2018)

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Objectifs de ce cours

Comprendre les tenants et les aboutissants de la recherche en milieu industriel :

- ▶ Les contraintes
- ▶ Les problématiques soulevées
- ▶ Comment y faire face ?
- ▶ Les différences avec les milieux académiques

Et tout cela avec des exemples concrets !

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Format du cours

- ▶ Une journée intensive
- ▶ N'hésitez pas à intéragir !

## Evaluation

Dossier à remettre sur une étude de cas proposée en lien avec les travaux présentés

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et

réalisation d'un

prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas

d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Plan de la présentation

## Introduction

Raisonnement en milieu industriel

### Introduction

### Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et

réalisation d'un

prototype

### Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas

d'application

### Outils de travail

### La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

### Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse

Évaluation

# Plan de la présentation

## Introduction

## Les grandes étapes d'un projet de recherche industriel

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et  
réalisation d'un  
prototype

Communiquer sur  
son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas  
d'application

Outils de travail

La recherche en  
entreprise

Exemple de projets de  
recherche

Organisation de la  
recherche

Financement de la  
recherche

Synthèse et  
évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation



# Plan de la présentation

## Introduction

## Les grandes étapes d'un projet de recherche industriel

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

## Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Plan de la présentation

## Introduction

## Les grandes étapes d'un projet de recherche industriel

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

## Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

## Outils de travail

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Plan de la présentation

## Introduction

## Les grandes étapes d'un projet de recherche industriel

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

## Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

## Outils de travail

## La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et  
réalisation d'un  
prototype

Communiquer sur  
son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas  
d'application

Outils de travail

La recherche en  
entreprise

Exemple de projets de  
recherche

Organisation de la  
recherche

Financement de la  
recherche

Synthèse et  
évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Plan de la présentation

## Introduction

## Les grandes étapes d'un projet de recherche industriel

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

## Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

## Outils de travail

## La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

## Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse

Évaluation

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et  
réalisation d'un  
prototype

Communiquer sur  
son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas  
d'application

Outils de travail

La recherche en  
entreprise

Exemple de projets de  
recherche

Organisation de la  
recherche

Financement de la  
recherche

Synthèse et  
évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

## Introduction

### Les grandes étapes d'un projet de recherche industriel

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

## Communiquer sur son travail

## Outils de travail

## La recherche en entreprise

## Synthèse et évaluation du l'UE

## Introduction

# Les grandes étapes d'un projet de recherche industriel

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

## Communiquer sur son travail

## Outils de travail

## La recherche en entreprise

## Synthèse et évaluation du l'UE

# Spécification du besoin

1. Sujet de thèse
2. Durée allouée
3. Ressources matérielles
4. Recueil du besoin auprès du client
5. Quid de la donnée d'entrée

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et  
réalisation d'un  
prototype

Communiquer sur  
son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas  
d'application

Outils de travail

La recherche en  
entreprise

Exemple de projets de  
recherche

Organisation de la  
recherche

Financement de la  
recherche

Synthèse et  
évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Spécification du besoin

## Sujet de thèse

Le sujet porte sur l' optimisation des routes pour le trafic maritime. Il s'agira de développer un outil d'aide à la décision pour déterminer les routes optimales des navires en fonction de contraintes et suivant des critères d'optimisation. Le sujet de cette étude portera sur plusieurs axes :

- ▶ Un premier point concerne la modélisation des critères généralement pris en compte par les experts humains en charge de l'optimisation des routes. Cela passe par la mise en évidence des critères d'optimisation (durée du voyage, réduction du carburant, réduction des coûts, sécurité) ainsi que des paramètres ayant un impact potentiel sur le calcul des routes et leur optimisation (météo, courants marins, piraterie, etc.)
- ▶ La conception d'un modèle permettant le stockage et la manipulation de données hétérogènes et multi-sources.
- ▶ La réalisation d'un système permettant le calcul de routes optimales.

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et  
réalisation d'un  
prototype

Communiquer sur  
son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas  
d'application

Outils de travail

La recherche en  
entreprise

Exemple de projets de  
recherche

Organisation de la  
recherche

Financement de la  
recherche

Synthèse et  
évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Spécification du besoin

## Sujet de thèse

Le sujet porte sur l' **optimisation des routes** pour le trafic maritime. Il s'agira de développer un outil d'aide à la décision pour déterminer les routes optimales des navires en fonction de contraintes et suivant des critères d'optimisation. Le sujet de cette étude portera sur plusieurs axes :

- ▶ Un premier point concernera la modélisation des critères généralement pris en compte par les experts humains en charge de l'optimisation des routes. Cela passe par la mise en évidence des critères d'optimisation (durée du voyage, réduction du carburant, réduction des coûts, sécurité) ainsi que des paramètres ayant un impact potentiel sur le calcul des routes et leur optimisation (météo, courants marins, piraterie, etc.)
- ▶ La conception d'un modèle permettant le stockage et la manipulation de données hétérogènes et multi-sources.
- ▶ La réalisation d'un système permettant le calcul de routes optimales.

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et  
réalisation d'un  
prototype

Communiquer sur  
son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas  
d'application

Outils de travail

La recherche en  
entreprise

Exemple de projets de  
recherche

Organisation de la  
recherche

Financement de la  
recherche

Synthèse et  
évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Spécification du besoin

## Sujet de thèse

Le sujet porte sur l' optimisation des routes pour le trafic maritime. Il s'agira de développer un **outil d'aide à la décision** pour déterminer les routes optimales des navires en fonction de contraintes et suivant des critères d'optimisation. Le sujet de cette étude portera sur plusieurs axes :

- ▶ Un premier point concerne la modélisation des critères généralement pris en compte par les experts humains en charge de l'optimisation des routes. Cela passe par la mise en évidence des critères d'optimisation (durée du voyage, réduction du carburant, réduction des coûts, sécurité) ainsi que des paramètres ayant un impact potentiel sur le calcul des routes et leur optimisation (météo, courants marins, piraterie, etc.)
- ▶ La conception d' un modèle permettant le stockage et la manipulation de données hétérogènes et multi-sources.
- ▶ La réalisation d'un système permettant le calcul de routes optimales.

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et  
réalisation d'un  
prototype

Communiquer sur  
son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas  
d'application

Outils de travail

La recherche en  
entreprise

Exemple de projets de  
recherche

Organisation de la  
recherche

Financement de la  
recherche

Synthèse et  
évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Spécification du besoin

## Sujet de thèse

Le sujet porte sur l' optimisation des routes pour le trafic maritime. Il s'agira de développer un outil d'aide à la décision pour déterminer les routes optimales des navires en fonction de contraintes et suivant des critères d'optimisation. Le sujet de cette étude portera sur plusieurs axes :

- ▶ Un premier point concernera la **modélisation des critères** généralement pris en compte par les experts humains en charge de l'optimisation des routes. Cela passe par la mise en évidence des critères d'optimisation  
**durée du voyage, réduction du carburant, réduction des coûts, sécurité**) ainsi que des paramètres ayant un impact potentiel sur le calcul des routes et leur optimisation (météo, courants marins, piraterie, etc.)
- ▶ La conception d' un modèle permettant le stockage et la manipulation de données hétérogènes et multi-sources.
- ▶ La réalisation d'un système permettant le calcul de routes optimales.

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Spécification du besoin

## Sujet de thèse

Le sujet porte sur l' optimisation des routes pour le trafic maritime. Il s'agira de développer un outil d'aide à la décision pour déterminer les routes optimales des navires en fonction de contraintes et suivant des critères d'optimisation. Le sujet de cette étude portera sur plusieurs axes :

- ▶ Un premier point concernera la modélisation des critères généralement pris en compte par les experts humains en charge de l'optimisation des routes. Cela passe par la mise en évidence des critères d'optimisation (durée du voyage, réduction du carburant, réduction des coûts, sécurité) ainsi que des paramètres ayant un impact potentiel sur le calcul des routes et leur optimisation (météo, courants marins, piraterie, etc.)
- ▶ La conception d'un modèle permettant le stockage et la manipulation de données hétérogènes et multi-sources.
- ▶ La réalisation d'un système permettant le calcul de routes optimales.

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et  
réalisation d'un  
prototype

Communiquer sur  
son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas  
d'application

Outils de travail

La recherche en  
entreprise

Exemple de projets de  
recherche

Organisation de la  
recherche

Financement de la  
recherche

Synthèse et  
évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Spécification du besoin

## Sujet de thèse

Le sujet porte sur l' optimisation des routes pour le trafic maritime. Il s'agira de développer un outil d'aide à la décision pour déterminer les routes optimales des navires en fonction de contraintes et suivant des critères d'optimisation. Le sujet de cette étude portera sur plusieurs axes :

- ▶ Un premier point concernera la modélisation des critères généralement pris en compte par les experts humains en charge de l'optimisation des routes. Cela passe par la mise en évidence des critères d'optimisation (durée du voyage, réduction du carburant, réduction des coûts, sécurité) ainsi que des paramètres ayant un impact potentiel sur le calcul des routes et leur optimisation (météo, courants marins, piraterie, etc.)
- ▶ La conception d' **un modèle permettant le stockage et la manipulation de données hétérogènes et multi-sources.**
- ▶ La réalisation d'un système permettant le calcul de routes optimales.

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et  
réalisation d'un  
prototype

Communiquer sur  
son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas  
d'application

Outils de travail

La recherche en  
entreprise

Exemple de projets de  
recherche

Organisation de la  
recherche

Financement de la  
recherche

Synthèse et  
évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Spécification du besoin

## Sujet de thèse

Le sujet porte sur l' optimisation des routes pour le trafic maritime. Il s'agira de développer un outil d'aide à la décision pour déterminer les routes optimales des navires en fonction de contraintes et suivant des critères d'optimisation. Le sujet de cette étude portera sur plusieurs axes :

- ▶ Un premier point concernera la modélisation des critères généralement pris en compte par les experts humains en charge de l'optimisation des routes. Cela passe par la mise en évidence des critères d'optimisation (durée du voyage, réduction du carburant, réduction des coûts, sécurité) ainsi que des paramètres ayant un impact potentiel sur le calcul des routes et leur optimisation (météo, courants marins, piraterie, etc.)
- ▶ La conception d' un modèle permettant le stockage et la manipulation de données hétérogènes et multi-sources.
- ▶ La **réalisation d'un système** permettant le calcul de routes optimales.

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Spécification du besoin

Durée allouée et ressources humaines, matérielles, financières

- ▶ 3 ans avec un livrable → le manuscrit
- ▶ Une ressource à plein temps sur 3 ans
- ▶ Deux ressources à temps partiel sur 3 ans
- ▶ Un PC avec OS Linux
- ▶ Éventuellement des moyens de calcul
- ▶ Frais de déplacements en conférences
- ▶ Frais de déplacement pour le recueil du besoin

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Spécification du besoin

## Recueil du besoin

- ▶ Qui connaît le besoin ? Client ? Experts ?
- ▶ Quelles sont la problématique de terrain ?
- ▶ Quels sont les moyens d'y répondre partiellement aujourd'hui ?
- ▶ Quelles sont les limites à ces moyens ?
- ▶ Comment les surmonter (augmenter puissance de calcul ? De nouveaux algorithmes ?)
- ▶ Quelles sont les contraintes fortes ?

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Spécification du besoin

Recueil du besoin : visite du fleet center de la CMA-CGM



- ▶ Structure dans laquelle le routage de la flotte de la CMA-CGM est réalisé
- ▶ Logiciels utilisés basés sur des algorithmes isochrones

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et  
réalisation d'un  
prototype

Communiquer sur  
son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas  
d'application

Outils de travail

La recherche en  
entreprise

Exemple de projets de  
recherche

Organisation de la  
recherche

Financement de la  
recherche

Synthèse et  
évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Spécification du besoin

Recueil du besoin : compréhension de la problématique

Raisonnement en milieu industriel



- Transport entre deux ports
- Des routes maritimes de plusieurs dizaines de jours
- Des facteurs environnementaux dynamiques (météo etc.)
- Consommation de fuel = 40% des coûts opérationnels !!

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Spécification du besoin

Recueil du besoin : compréhension de la problématique

## Critères :

- ▶ Consommation de fuel
- ▶ Temps de parcours
- ▶ Sécurité
- ▶ Confort

## Paramètres :

- ▶ 49 paramètres identifiés !
- ▶ Paramètres retenus : vent et vagues

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

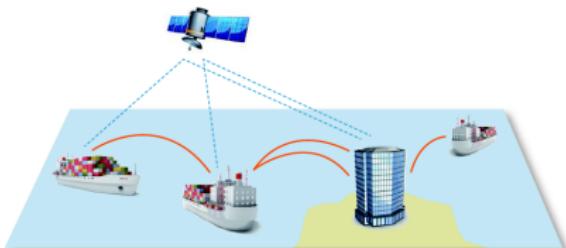
Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Spécification du besoin

Recueil du besoin : compréhension de la problématique



## Enjeux économiques pour une flotte de bateau

825 000 € par bateau par semaine

Flotte CMA-CGM : 450 navires

**Économie de carburant de 5% ⇒ 70 M €**

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Spécification du besoin

Recueil du besoin : compréhension de la problématique

-Arrivée "just-on-time"

-Plusieurs objectifs parfois contradictoires . . .



Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Spécification du besoin

## Recueil du besoin : les contraintes

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse

Évaluation

# Spécification du besoin

Recueil du besoin : les logiciels sur le marché

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

Entreprise	Planif. de la route	Optimisat. du temps de trajet	Optimisat de la consommation	Planif. de la puissance	Multi objectif
MaxSea					
Transas					
PredictWind					
FleetWeather					
AMI					
Euronav					
FMI					
FastSeas					
eNAVpilot					
Expedition					
AdrenaShip					
SPOS					
WRI					
StormGeo					
Matsya					

# Spécification du besoin

## Synthèse

- ▶ Du besoin théorique au besoin pratique : identification des critères et paramètres réellement impactants
- ▶ Comprendre les conséquences indirectes : **Économie de carburant de 5% ⇒ 70 M €**
- ▶ Prioriser le besoin en fonction de cela
- ▶ Difficulté : connaître les algorithmes derrière un logiciel  
→ par déduction

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse

Évaluation

# Spécification du besoin

## Synthèse

- ▶ Du besoin théorique au besoin pratique : identification des critères et paramètres réellement impactants
- ▶ Comprendre les conséquences indirectes : **Économie de carburant de 5% ⇒ 70 M €**
- ▶ Prioriser le besoin en fonction de cela
- ▶ Difficulté : connaître les algorithmes derrière un logiciel  
→ par déduction

## Besoin clair, quid de la donnée d'entrée ?

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Les données d'entrée

## De manière générale

- ▶ Donnée = problématique récurrente !
- ▶ Ne pas s'engager sans donnée :  $t_0$  des travaux à l'acquisition de la donnée
- ▶ Si pas (peu de donnée) : méthodes dédiées (GAN, simulation, apprentissage semi-supervisé...)
- ▶ Data engineering : ne pas négliger ce travail !

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse

Évaluation

# Les données d'entrée

## La démarche

- ▶ Quelle est la donnée nécessaire en entrée ?
- ▶ Quelles sont les sources de données existantes ?
- ▶ Quel traitement pour la transformer en donnée exploitable ?

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse

Évaluation

# Les données d'entrée

## La démarche

- ▶ Quelle est la donnée nécessaire en entrée ?
- ▶ Quelles sont les sources de données existantes ?
- ▶ Quel traitement pour la transformer en donnée exploitable ?

→ **D'après vous, comment répondre à ces questions dans le cadre de ma thèse ?**

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Les données d'entrée

## La démarche

- ▶ Données météo-océaniques
- ▶ Modèle liant la météo au coût des objectifs
- ▶ Sources : internet, instituts de recherche (SHOM), CMA-CGM ?
- ▶ Choix fait : données GRIB sur internet

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Les données d'entrée

## La démarche

- ▶ Données météo-océaniques
- ▶ Modèle liant la météo au coût des objectifs
- ▶ Sources : internet, instituts de recherche (SHOM), CMA-CGM ?
- ▶ Choix fait : données GRIB sur internet

→ Traitement de la donnée ?

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

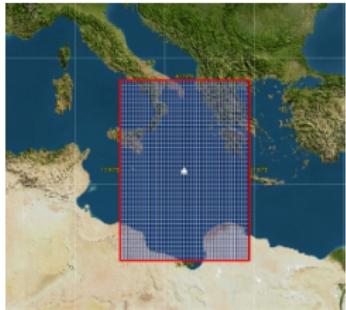
Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Les données d'entrée

## Traitements

- ▶ Fichiers Grib : "GRIdded Binary"
- ▶ Format de données concis couramment utilisé en météorologie
- ▶ Données discrétisées dans le temps et dans l'espace



Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

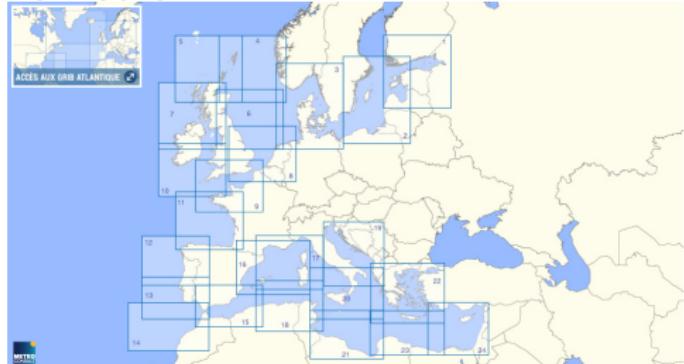
Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Les données d'entrée

## Traitements

### Format GRIB



1. Extraction de l'information grâce à une librairie java
2. Construction d'un objet maillage
3. Intégration des différents maillages sur l'ensemble de l'espace
4. Automatisation du processus

**Contenu :** vitesse du vent , période 12h, sur 1 semaine, grille de 1911 éléments, 4000x4000 km couverts

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse

Évaluation

# Les données d'entrée

Problématiques à suivre...

## Problématique n° 1 :

Comment stocker/structurer ces données avant de les traiter ?

## Problématique n° 2 :

Comment exploiter les données structurées ?

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Les données d'entrée

Problématiques à suivre...

## Problématique n° 1 :

Comment stocker/structurer ces données avant de les traiter ?

## Problématique n° 2 :

Comment exploiter les données structurées ?

→ Objet de la partie suivante : Modélisation

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et  
réalisation d'un  
prototype

Communiquer sur  
son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas  
d'application

Outils de travail

La recherche en  
entreprise

Exemple de projets de  
recherche

Organisation de la  
recherche

Financement de la  
recherche

Synthèse et  
évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Travaux en amont : synthèse

## 1. Définir l'ensemble budget/durée/ressources

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et  
réalisation d'un  
prototype

Communiquer sur  
son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas  
d'application

Outils de travail

La recherche en  
entreprise

Exemple de projets de  
recherche

Organisation de la  
recherche

Financement de la  
recherche

Synthèse et  
évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Travaux en amont : synthèse

1. Définir l'ensemble budget/durée/ressources
2. Aller chercher le besoin auprès de l'utilisateur

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Travaux en amont : synthèse

1. Définir l'ensemble budget/durée/ressources
2. Aller chercher le besoin auprès de l'utilisateur
3. Définir les contraintes (temps de calcul, ressources informatiques...)

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Travaux en amont : synthèse

1. Définir l'ensemble budget/durée/ressources
2. Aller chercher le besoin auprès de l'utilisateur
3. Définir les contraintes (temps de calcul, ressources informatiques...)
4. Etat de l'art de l'existant

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse

Évaluation

# Travaux en amont : synthèse

1. Définir l'ensemble budget/durée/ressources
2. Aller chercher le besoin auprès de l'utilisateur
3. Définir les contraintes (temps de calcul, ressources informatiques...)
4. Etat de l'art de l'existant
5. Donnée et pré-traitements

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Travaux en amont : synthèse

1. Définir l'ensemble budget/durée/ressources
2. Aller chercher le besoin auprès de l'utilisateur
3. Définir les contraintes (temps de calcul, ressources informatiques...)
4. Etat de l'art de l'existant
5. Donnée et pré-traitements

## Point de vigilance

Travail fastidieux, long, et pourtant fondamental !

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

## Introduction

# Les grandes étapes d'un projet de recherche industriel

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

## Communiquer sur son travail

## Outils de travail

## La recherche en entreprise

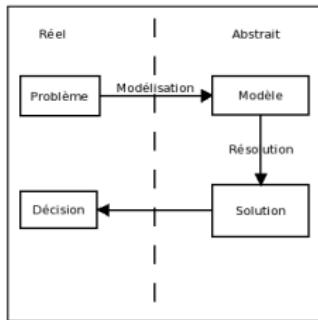
## Synthèse et évaluation du l'UE

## La modélisation au sein du processus global

## Raisonnement en milieu industriel

- Gestion des données d'entrée
  - Structure sur laquelle l'algorithme de recherche travaille
  - Définition de l'espace des solutions
  - Résolution

} Modélisation



# Modèles discret vs continu

Raisonnement en milieu industriel

- ▶ Représentation de la donnée
- ▶ Algorithmes de résolution
- ▶ Dépend de la donnée brute en entrée
- ▶ Etat de l'art des méthodes existantes

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Modèles discret vs continu

Représentation continue

## Travaux d'Hagiwara [?]

Modélisation du problème comme un problème d'optimisation continu :

- ▶ Position du bateau :  $\vec{X} = [\phi \ \lambda]$
- ▶ Vecteur de contrôle du bateau :  $\vec{U} = [\theta \ r]$

Où  $\phi$  est la latitude,  $\lambda$  la longitude,  $\theta$  le cap du bateau et  $r$  le nombre de révolutions du moteur. Enfin il pose deux contraintes :

- ▶  $\vec{X} \in X_A$
- ▶  $\vec{U} \in U_A$

Où  $X_A$  et  $U_A$  correspondent respectivement aux vecteurs de positions admissibles (aires navigables) et aux vecteurs de contrôle admissible (marges de manœuvre possible).

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Modèles discret vs continu

Raisonnement en milieu industriel

REPRÉSENTATION	RÉSOLUTION	NOMBRE DE CRITÈRES	OPTIMISATION POSSIBLE DE LA VITESSE
CONTINUE MODÈLE D'HAGIWARA (Hagiwara 1989)	Calcul variationnel Approches de type évolutionnaires	Monocritère	Oui

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Modèles discret vs continu

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

REPRÉSENTATION	RÉSOLUTION	NOMBRE DE CRITÈRES	OPTIMISATION POSSIBLE DE LA VITESSE
CONTINUE	<b>MODÈLE D'HAGIWARA</b> (Hagiwara 1989)	Calcul variationnel  Approches de type	Monocritère
DISCRÈTE	<b>COURBES DE BÉZIER</b> (Marie <i>et al.</i> 2009)	évolutionnaires	Monocritère
	<b>GRAPHE</b> (Cook and Halsey 1966) (Kostrevia et Wicek 1991) (Hamacher <i>et al.</i> 2006) (Veneti <i>et al.</i> 2015)	Programmation dynamique  Grande variété de méthodes	Et  Multicritère
	<b>ISOPONES</b> (Klompstra <i>et al.</i> 1992)	Méthode propre aux isopone	Oui
	<b>ISOCHRONES</b> (R.W. James 1957)	Méthode propre aux isochrones	Mono-critère

# Modèles discret vs continu

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

REPRÉSENTATION	RÉSOLUTION	NOMBRE DE CRITÈRES	OPTIMISATION POSSIBLE DE LA VITESSE
CONTINUE	<b>MODÈLE D'HAGIWARA</b> (Hagiwara 1989)	Calcul variationnel  Approches de type	Monocritère
DISCRÈTE	<b>COURBES DE BÉZIER</b> (Marie <i>et al.</i> 2009)	évolutionnaires	Monocritère
	<b>GRAPHE</b> (Cook and Halsey 1966) (Kostrevina et Wicsek 1991) (Hamacher <i>et al.</i> 2006) (Veneti <i>et al.</i> 2015)	Programmation dynamique  Grande variété de méthodes	Et  Multicritère
	<b>ISOPONES</b> (Klompstra <i>et al.</i> 1992)	Méthode propre aux isopone	Oui
	<b>ISOCHRONES</b> (R.W. James 1957)	Méthode propre aux isochrones	Mono-critère

# Représentation des routes maritimes

Par un graphe de recherche

## Notion de graphe orienté et muni d'une fonction de coût

On introduit  $G = (N, A, c)$  avec :

- ▶  $N = \{x_1, x_2, \dots, x_{|N|}\}$  est un ensemble fini de  $|N|$  nœuds
- ▶  $A \subseteq N \times N$  un ensemble fini de  $|A|$  arcs de la forme  $(x_i, x_j)$
- ▶ À chaque arc  $a \in A$  est associé un vecteur de fonctions de coûts à valeurs dans  $\mathbb{N}$  de la forme  $c(a) = (c_1(a), \dots, c_q(a))$  où  $q$  est le nombre de valuations du graphe
- ▶  $c_i$  la fonction qui attribue à un arc du graphe sa  $i^{eme}$  valuation
- ▶  $s \in N$  et  $p \in N$  le nœud source et le nœud puits du graphe.

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Représentation des routes maritimes

Par un graphe de recherche

Raisonnement en milieu industriel

## Notion de graphe orienté et muni d'une fonction de coût

On introduit  $G = (N, A, c)$  avec :

- ▶  $N = \{x_1, x_2, \dots, x_{|N|}\}$  est un ensemble fini de  $|N|$  nœuds
- ▶  $A \subseteq N \times N$  un ensemble fini de  $|A|$  arcs de la forme  $(x_i, x_j)$
- ▶ À chaque arc  $a \in A$  est associé un vecteur de fonctions de coûts à valeurs dans  $\mathbb{N}$  de la forme  $c(a) = (c_1(a), \dots, c_q(a))$  où  $q$  est le nombre de valuations du graphe
- ▶  $c_i$  la fonction qui attribue à un arc du graphe sa  $i^{eme}$  valuation
- ▶  $s \in N$  et  $p \in N$  le nœud source et le nœud puits du graphe.

→ La fonction de coût permet de représenter les objectifs que l'on souhaite optimiser (carburant, temps etc.).

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Représentation des routes maritimes

Par un graphe de recherche

## Définition d'un chemin élémentaire de $s$ vers $p$

Séquences de  $k$  arcs  $\langle (x_0, x_1), (x_1, x_2), \dots, (x_{k-1}, x_k) \rangle$  dans laquelle  $x_0, x_1, \dots, x_k$  sont des nœuds distincts,  $x_0 = s$  et  $x_k = p$ .

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Représentation des routes maritimes

Par un graphe de recherche

## Définition d'un chemin élémentaire de $s$ vers $p$

Séquences de  $k$  arcs  $\langle (x_0, x_1), (x_1, x_2), \dots, (x_{k-1}, x_k) \rangle$  dans laquelle  $x_0, x_1, \dots, x_k$  sont des nœuds distincts,  $x_0 = s$  et  $x_k = p$ .

Soit  $CH_{ij}$  l'ensemble des chemins de  $x_i$  vers  $x_j$  dans le graphe  $G$ .

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Représentation des routes maritimes

Par un graphe de recherche

## Définition d'un chemin élémentaire de $s$ vers $p$

Séquences de  $k$  arcs  $\langle (x_0, x_1), (x_1, x_2), \dots, (x_{k-1}, x_k) \rangle$  dans laquelle  $x_0, x_1, \dots, x_k$  sont des nœuds distincts,  $x_0 = s$  et  $x_k = p$ .

Soit  $CH_{ij}$  l'ensemble des chemins de  $x_i$  vers  $x_j$  dans le graphe  $G$ .

## Définition du coût total $C$ de ce chemin :

Étant donné un chemin  $ch_{ij} \in CH_{ij}$  avec  $i \neq j$ , on a :

$$C(ch_{ij}) = \sum_{a \in ch_{ij}} c(a)$$

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Représentation des routes maritimes

Par un graphe de recherche

## Définition d'un chemin élémentaire de $s$ vers $p$

Séquences de  $k$  arcs  $\langle (x_0, x_1), (x_1, x_2), \dots, (x_{k-1}, x_k) \rangle$  dans laquelle  $x_0, x_1, \dots, x_k$  sont des nœuds distincts,  $x_0 = s$  et  $x_k = p$ .

Soit  $CH_{ij}$  l'ensemble des chemins de  $x_i$  vers  $x_j$  dans le graphe  $G$ .

## Définition du coût total $C$ de ce chemin :

Étant donné un chemin  $ch_{ij} \in CH_{ij}$  avec  $i \neq j$ , on a :

$$C(ch_{ij}) = \sum_{a \in ch_{ij}} c(a)$$

## Problème de plus court chemin dans un graphe mono-valué

Le problème de plus court chemin entre un nœud  $x_i$  et un nœud  $x_j$  consiste à identifier le (ou les) chemin(s)  $ch_{ij} \in CH_{ij}$  tels qu'il n'existe pas de chemin  $ch'_{ij} \in CH_{ij}$  vérifiant  $C(ch'_{ij}) < C(ch_{ij})$

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse

Évaluation

# Représentation des routes maritimes

Par un graphe de recherche

→ Les nœuds du graphe représentent des coordonnées géographiques, et les arcs des trajets entre ces coordonnées :

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

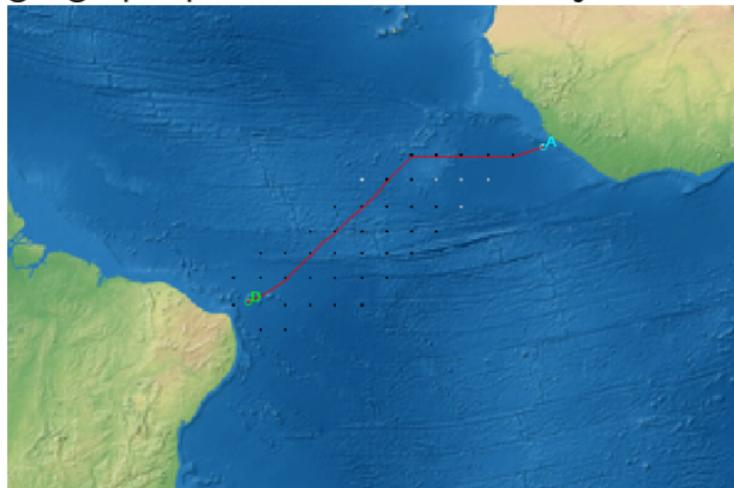
Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Représentation des routes maritimes

Par un graphe de recherche

→ Les nœuds du graphe représentent des coordonnées géographiques, et les arcs des trajets entre ces coordonnées :



Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Représentation des routes maritimes

Par un graphe de recherche

Pourquoi un graphe statique mono-valué ne permet pas de représenter fidèlement notre problème ?

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Représentation des routes maritimes

Par un graphe de recherche

Pourquoi un graphe statique mono-valué ne permet pas de représenter fidèlement notre problème ?

- ▶ Statique : ne prend pas en compte les variations météorologiques au cours du temps

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Représentation des routes maritimes

Par un graphe de recherche

Pourquoi un graphe statique mono-valué ne permet pas de représenter fidèlement notre problème ?

- ▶ Statique : ne prend pas en compte les variations météorologiques au cours du temps
- ▶ Mono-valué : ne permet pas de supporter plusieurs critères de performances (durée et coût de carburant)

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Représentation des routes maritimes

Par un graphe de recherche

Pourquoi un graphe statique mono-valué ne permet pas de représenter fidèlement notre problème ?

- ▶ Statique : ne prend pas en compte les variations météorologiques au cours du temps
  - ▶ Mono-valué : ne permet pas de supporter plusieurs critères de performances (durée et coût de carburant)
- Introduction d'un graphe **dynamique multi-valué**

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

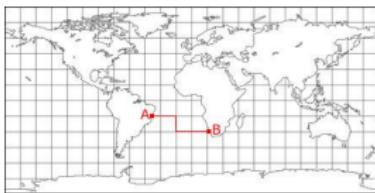
Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Représentation des routes maritimes

Par un graphe de recherche



## Problème

### Données :

- ▶ Un graphe orienté time-dependent  $G_{TD} = (N, A, T, \gamma)$  avec :
  - ▶  $T$  une séquence de dates  $\langle t_0, t_1, t_2, \dots \rangle$  où  $t_0$  représente la date de départ
  - ▶  $\gamma(a_{ij}, t)$  le coût multicritère de  $a_{ij}$  en quittant le sommet  $i$  à la date  $t \in T$
- ▶ Les sommets d'arrivée et de départ du graphe

### Solution attendue :

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

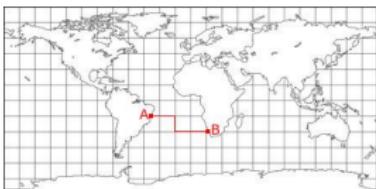
Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Représentation des routes maritimes

Par un graphe de recherche



## Problème

### Données :

- ▶ Un graphe orienté time-dependent  $G_{TD} = (N, A, T, \gamma)$  avec :
  - ▶  $T$  une séquence de dates  $\langle t_0, t_1, t_2, \dots \rangle$  où  $t_0$  représente la date de départ
  - ▶  $\gamma(a_{ij}, t)$  le coût multicritère de  $a_{ij}$  en quittant le sommet  $i$  à la date  $t \in T$
- ▶ Les sommets d'arrivée et de départ du graphe

**Solution attendue** : chemins optimaux entre le départ et l'arrivée

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

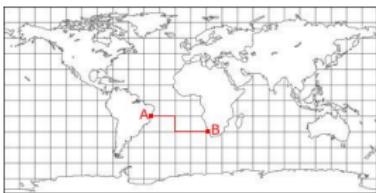
Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Représentation des routes maritimes

Par un graphe de recherche



## Problème

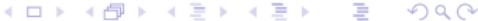
### Données :

- ▶ Un graphe orienté time-dependent  $G_{TD} = (N, A, T, \gamma)$  avec :
  - ▶  $T$  une séquence de dates  $\langle t_0, t_1, t_2, \dots \rangle$  où  $t_0$  représente la date de départ
  - ▶  $\gamma(a_{ij}, t)$  le coût multicritère de  $a_{ij}$  en quittant le sommet  $i$  à la date  $t \in T$
- ▶ Les sommets d'arrivée et de départ du graphe

**Solution attendue** : chemins optimaux entre le départ et l'arrivée

Le coût ne change pas durant la traversée d'un arc : **frozen arc model**

[?]



Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et  
réalisation d'un  
prototype

Communiquer sur  
son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas  
d'application

Outils de travail

La recherche en  
entreprise

Exemple de projets de  
recherche

Organisation de la  
recherche

Financement de la  
recherche

Synthèse et  
évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Représentation des routes maritimes

## Pareto-optimalité

- ▶ L'ensemble des chemins de  $s$  à  $t$  réalisables dans  $G_{TD}$  (appelés aussi solution) est noté  $\mathcal{P}$
- ▶ Le coût  $\vec{c}$  de chaque chemin de  $\mathcal{P}$  est un vecteur d'entiers naturels, ce qui soulève la question du **critère d'optimalité**

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Représentation des routes maritimes

## Pareto-optimalité

Soient  $\vec{c}^1$  et  $\vec{c}^2$  les vecteurs de coûts respectifs de deux chemin  $P^1$  et  $P^2 \in \mathcal{P}$ .

### Définition

$\vec{c}^1$  domine  $\vec{c}^2$  si :

$\forall i \in \{1, \dots, q\}, \vec{c}_i^1 \geq \vec{c}_i^2$  ET  $\exists i \in \{1, \dots, q\}, \vec{c}_i^1 > \vec{c}_i^2$

### Définition

Un chemin  $P \in \mathcal{P}$  est pareto optimal si il n'existe pas de chemin  $P' \in \mathcal{P}$  tel que  $P$  est dominé par  $P'$ .

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Représentation des routes maritimes

## Pareto-optimalité

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

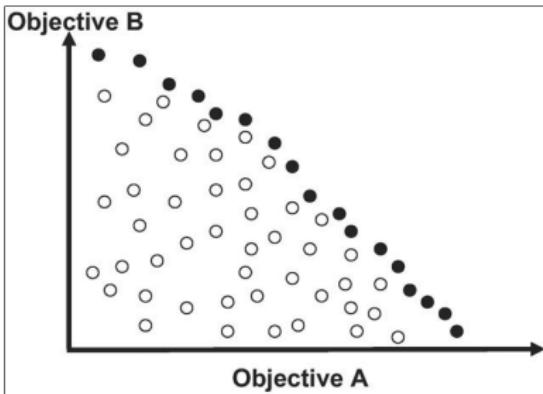
Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation



# Représentation des routes maritimes

## Pareto-optimalité : illustration

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Représentation des routes maritimes

## Pareto-optimalité : illustration

- ▶ **Chemin 1** : 10 heures, 50 tonnes de carburant
- ▶ **Chemin 2** : 8 heures, 60 tonnes de carburant

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Représentation des routes maritimes

## Pareto-optimalité : illustration

- ▶ **Chemin 1** : 10 heures, 50 tonnes de carburant
- ▶ **Chemin 2** : 8 heures, 60 tonnes de carburant
- ▶ **Chemin 3** : 11 heures, 55 tonnes de carburant

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Représentation des routes maritimes

## Pareto-optimalité : complexité

Complexité du problème d'identification de l'ensemble des solutions pareto-optimales :

- ▶ D'après [?]
- ▶ **Coût multicritère** → problème NP-difficile
- ▶ Problème time-dependent au moins aussi difficile

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Représentation des routes maritimes

## Pareto-optimalité : complexité

Complexité du problème d'identification de l'ensemble des solutions pareto-optimales :

- ▶ D'après [?]
- ▶ **Coût multicritère** → problème NP-difficile
- ▶ Problème time-dependent au moins aussi difficile

**Synthèse** : on va chercher un chemin intéressant dans un graphe time-dependent bi-critère représentant les routes océaniques.

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Représentation des routes maritimes

Pareto-optimalité : complexité

## Shortest weigh-constrained path (Garey & Johnson)

**INSTANCE** : Un graphe  $G = (V, E)$ , la longueur  $l(e) \in \mathbb{Z}^+$  et le poids  $w(e) \in \mathbb{Z}^+$  pour chaque  $e \in E$ , les sommets origine et destination  $s, t \in V$ , les entiers positifs  $K, W$ .

**QUESTION** : Existe-t-il un chemin dans  $G$  de  $s$  vers  $t$  ayant un poids total inférieur ou égal à  $W$  et une longueur totale inférieure ou égale à  $K$  ?

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Représentation des routes maritimes

Pareto-optimalité : complexité

## Shortest weigh-constrained path (Garey & Johnson)

**INSTANCE** : Un graphe  $G = (V, E)$ , la longueur  $l(e) \in \mathbb{Z}^+$  et le poids  $w(e) \in \mathbb{Z}^+$  pour chaque  $e \in E$ , les sommets origine et destination  $s, t \in V$ , les entiers positifs  $K, W$ .

**QUESTION** : Existe-t-il un chemin dans  $G$  de  $s$  vers  $t$  ayant un poids total inférieur ou égal à  $W$  et une longueur totale inférieure ou égale à  $K$  ?

Nous verrons cela en détail dans la section Résolution

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

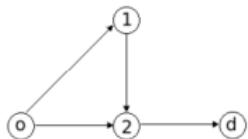
Synthèse  
Évaluation

# Représentation des routes maritimes

Propriétés du graphe

## Propriété

*Dans un graphe multicritère time-dependent :  
chemin pareto-optimal  $\Rightarrow$  sous-chemins pareto-optimaux*



**Vecteurs de coût** = (durée, carburant)

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et  
réalisation d'un  
prototype

Communiquer sur  
son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas  
d'application

Outils de travail

La recherche en  
entreprise

Exemple de projets de  
recherche

Organisation de la  
recherche

Financement de la  
recherche

Synthèse et  
évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

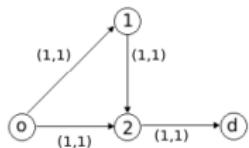
# Représentation des routes maritimes

Propriétés du graphe

## Propriété

*Dans un graphe multicritère time-dependent :  
chemin pareto-optimal  $\Rightarrow$  sous-chemins pareto-optimaux*

### Départ à t=0



**Vecteurs de coût = (durée, carburant)**

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

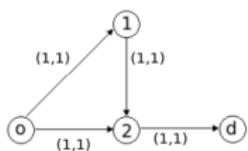
# Représentation des routes maritimes

Propriétés du graphe

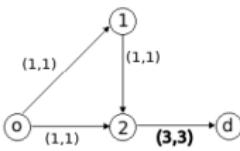
## Propriété

*Dans un graphe multicritère time-dependent :  
chemin pareto-optimal  $\Rightarrow$  sous-chemins pareto-optimaux*

### Départ à t=0



### t=1



**Vecteurs de coût = (durée, carburant)**

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

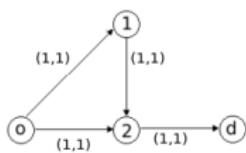
# Représentation des routes maritimes

## Propriétés du graphe

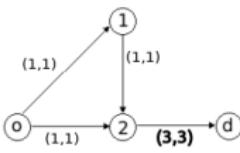
### Propriété

*Dans un graphe multicritère time-dependent :  
chemin pareto-optimal  $\Rightarrow$  sous-chemins pareto-optimaux*

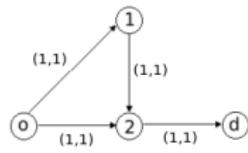
#### Départ à $t=0$



#### $t=1$



#### $t=2$



**Vecteurs de coût = (durée, carburant)**

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et  
réalisation d'un  
prototype

Communiquer sur  
son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas  
d'application

Outils de travail

La recherche en  
entreprise

Exemple de projets de  
recherche

Organisation de la  
recherche

Financement de la  
recherche

Synthèse et  
évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

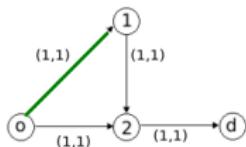
# Représentation des routes maritimes

## Propriétés du graphe

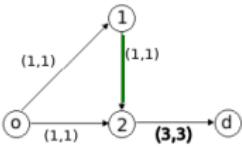
### Propriété

*Dans un graphe multicritère time-dependent :  
chemin pareto-optimal  $\Rightarrow$  sous-chemins pareto-optimaux*

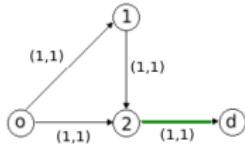
#### Départ à $t=0$



#### $t=1$



#### $t=2$



### Vecteurs de coût = (durée, carburant)

- Solution pareto-optimale :  $o \rightarrow 1 \rightarrow 2 \rightarrow d$  de coût  $(3,3)$

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

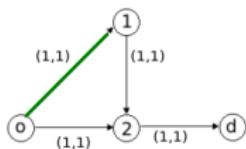
# Représentation des routes maritimes

## Propriétés du graphe

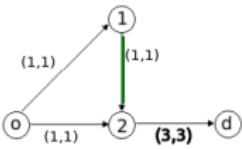
### Propriété

*Dans un graphe multicritère time-dependent :  
chemin pareto-optimal  $\Rightarrow$  sous-chemins pareto-optimaux*

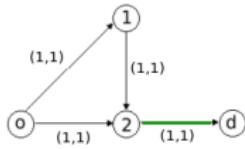
#### Départ à $t=0$



#### $t=1$



#### $t=2$



## Vecteurs de coût = (durée, carburant)

- ▶ Solution pareto-optimale :  $o \rightarrow 1 \rightarrow 2 \rightarrow d$  de coût  $(3,3)$
- ▶ Sous-chemins :
  - ▶  $o \rightarrow 1 \rightarrow 2$  de coût  $(2,2)$

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

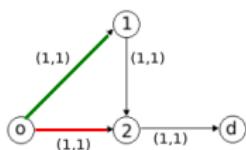
# Représentation des routes maritimes

## Propriétés du graphe

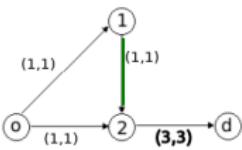
### Propriété

*Dans un graphe multicritère time-dependent :  
chemin pareto-optimal  $\Rightarrow$  sous-chemins pareto-optimaux*

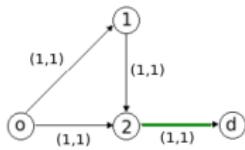
#### Départ à $t=0$



#### $t=1$



#### $t=2$



## Vecteurs de coût = (durée, carburant)

- ▶ Solution pareto-optimale :  $o \rightarrow 1 \rightarrow 2 \rightarrow d$  de coût (3,3)
- ▶ Sous-chemins :
  - ▶  $o \rightarrow 1 \rightarrow 2$  de coût (2,2)
  - ▶  $o \rightarrow 2$  de coût (1,1)

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

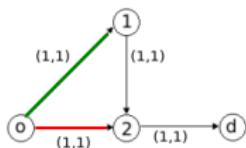
# Représentation des routes maritimes

## Propriétés du graphe

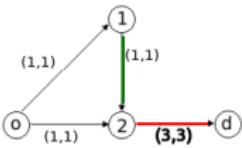
### Propriété

*Dans un graphe multicritère time-dependent :  
chemin pareto-optimal  $\Rightarrow$  sous-chemins pareto-optimaux*

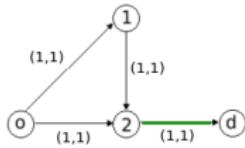
#### Départ à $t=0$



#### $t=1$



#### $t=2$



## Vecteurs de coût = (durée, carburant)

- ▶ Solution pareto-optimale :  $o \rightarrow 1 \rightarrow 2 \rightarrow d$  de coût (3,3)
- ▶ Sous-chemins :
  - ▶  $o \rightarrow 1 \rightarrow 2$  de coût (2,2)
  - ▶  $o \rightarrow 2$  de coût (1,1)
  - ▶  $o \rightarrow 2 \rightarrow d$  de coût (4,4) = (1,1) + (3,3)

# Représentation des routes maritimes

## Propriétés du graphe : synthèse

### Caractéristiques :

- ▶ Graphe bi-critère (temps et carburant)
- ▶ Graphe time-dependent (météo variable)

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Représentation des routes maritimes

Propriétés du graphe : synthèse

Caractéristiques :

- ▶ Graphe bi-critère (temps et carburant)
- ▶ Graphe time-dependent (météo variable)

Propriétés :

- ▶ Identification des solutions pareto-optimales : problème NP-complet
- ▶ Plus court chemin dans un tel graphe : propriété de Bellman invalide...

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Représentation des routes maritimes

Propriétés du graphe : synthèse

Caractéristiques :

- ▶ Graphe bi-critère (temps et carburant)
- ▶ Graphe time-dependent (météo variable)

Propriétés :

- ▶ Identification des solutions pareto-optimales : problème NP-complet
- ▶ Plus court chemin dans un tel graphe : propriété de Bellman invalide...

**Question** : Comment discréteriser l'espace des routes navigables ? Et de ce fait, qu'en est-il de la topologie du graphe ?

# Représentation des routes maritimes

## Graphe de discréétisation de l'espace

Nom	Représentation	Avantages
Graphe de visibilité		Idéal pour les zones étroites
Graphe-maillage		Adapté au modèle de données
Isochrones		Visuel et simple

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Représentation des routes maritimes

## Graphe de visibilité

### Définition

*Pour un ensemble de points définissant des obstacles polygonaux, le graphe de visibilité de ces obstacles est un graphe ayant comme sommets ces points, et des arêtes entre chaque paire de points intervisibles.*

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Représentation des routes maritimes

## Graphe de visibilité

### Définition

*Pour un ensemble de points définissant des obstacles polygonaux, le graphe de visibilité de ces obstacles est un graphe ayant comme sommets ces points, et des arêtes entre chaque paire de points intervisibles.*

### Propriété

*Le plus court chemin à travers un ensemble  $S$  d'obstacles polygonaux disjoints, utilise exclusivement des arêtes de ce graphe.*

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Représentation des routes maritimes

## Graphe de visibilité

### Définition

*Pour un ensemble de points définissant des obstacles polygonaux, le graphe de visibilité de ces obstacles est un graphe ayant comme sommets ces points, et des arêtes entre chaque paire de points intervisibles.*

### Propriété

*Le plus court chemin à travers un ensemble  $S$  d'obstacles polygonaux disjoints, utilise exclusivement des arêtes de ce graphe.*

Intérêt : pour contourner des zones de passages étroits comportant des obstacles.

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

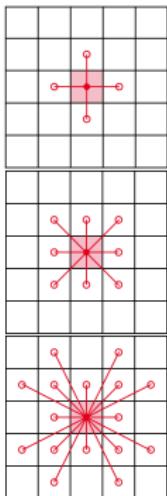
Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Représentation des routes maritimes

## Graphe maillage (rectangulaires)

1. Pavage de la sphère terrestre
2. Création des nœuds au centre des pavés
3. Construction des 3 types de graphes



Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et  
réalisation d'un  
prototype

Communiquer sur  
son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas  
d'application

Outils de travail

La recherche en  
entreprise

Exemple de projets de  
recherche

Organisation de la  
recherche

Financement de la  
recherche

Synthèse et  
évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Représentation des routes maritimes

## Graphe maillage (autres)

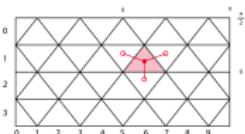


FIGURE : Graphe triangulaire.

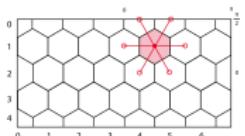


FIGURE : Graphe hexagonal.

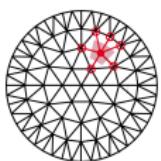


FIGURE : Graphe non périodique.

Raisonnement en milieu industriel

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Représentation des routes maritimes

## Synthèse

### Choix d'un modèle discret

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Représentation des routes maritimes

## Synthèse

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

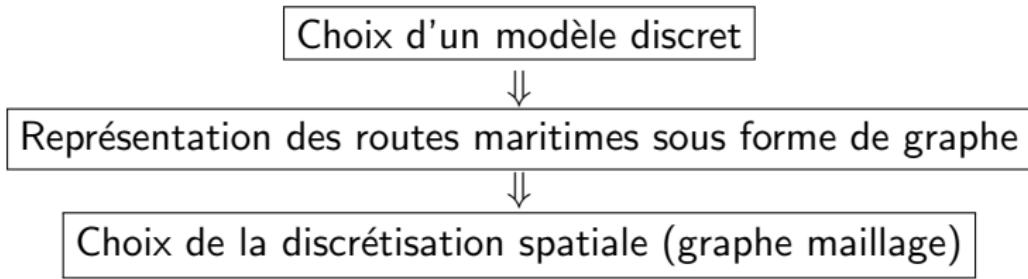
Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Représentation des routes maritimes

## Synthèse



Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Représentation des routes maritimes

## Synthèse

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

Choix d'un modèle discret



Représentation des routes maritimes sous forme de graphe



Choix de la discréttisation spatiale (graphe maillage)

Mais alors..

Comment exploiter la donnée GRIB ?

# De la donnée GRIB vers le graphe de recherche

Rappel de la problématique soulevée dans la partie *Travaux en amont*

## Problématique n° 1 :

Comment stocker/structurer ces données avant de les traiter ?

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# De la donnée GRIB vers le graphe de recherche

Rappel de la problématique soulevée dans la partie *Travaux en amont*

## Problématique n° 1 :

Comment stocker/structurer ces données avant de les traiter ?

## Problématique n° 2 :

Comment exploiter les données structurées ?

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# De la donnée GRIB vers le graphe de recherche

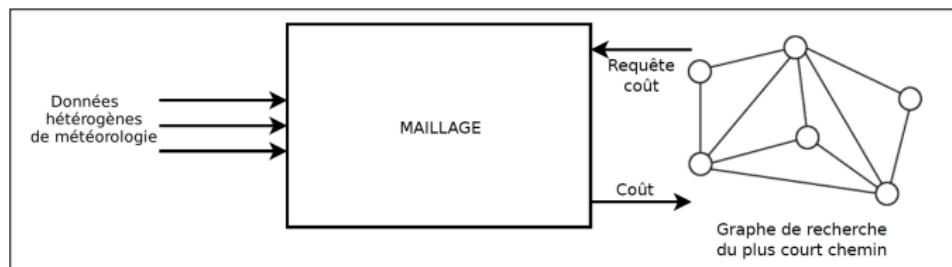
Rappel de la problématique soulevée dans la partie *Travaux en amont*

## Problématique n° 1 :

Comment stocker/structurer ces données avant de les traiter ?

## Problématique n° 2 :

Comment exploiter les données structurées ?



Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# De la donnée GRIB vers le graphe de recherche

Stockage et structure des données

## Définition

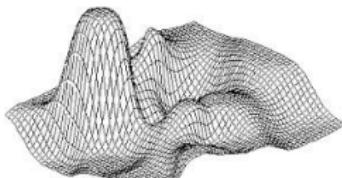
*Un maillage  $M$  est la discréétisation spatiale d'un milieu continu. Un maillage est défini par :*

- son repère
- les cellules  $c_i$  le constituant

## Définition

*Une cellule  $c_i$  est une enveloppe convexe c'est à dire un sous espace fini défini par des hyperplans.*

**FIGURE :** Exemple de maillage d'un terrain en 3 dimensions



# De la donnée GRIB vers le graphe de recherche

## Stockage et structure des données

### Propriété

*L'intersection entre deux cellules d'un maillage est vide.*

### Propriété

*L'union entre l'ensemble des cellules couvre l'ensemble du milieu continu que l'on cherche à discréteriser.*

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# De la donnée GRIB vers le graphe de recherche

## Stockage et structure des données

Une donnée = un triplet (cellule; nature; valeur)

Exemple : (cellule carrée de côté 10km centrée sur une coordonnée (x,y); vitesse vent ;  $10\text{km}.\text{h}^{-1}$ ).

### Avantages du maillage :

- ▶ uniformisation des données hétérogènes et multisources
- ▶ lecture des données simplifiées

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# De la donnée GRIB vers le graphe de recherche

## Stockage et structure des données

### Rappel de la problématique :

Connaissance du coût (temps/carburant..) entre deux coordonnées ?

### Proposition :

Utilisation d'une fonction de calcul de coût.

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# De la donnée GRIB vers le graphe de recherche

## Stockage et structure des données

### Définition

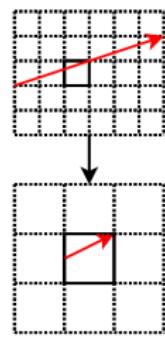
**L'intersection** entre un vecteur  $\vec{v}$  et une cellule  $c_i$  est un vecteur  $\vec{v}'$  tel que :

$$p \in \vec{v}' \leftrightarrow p \in \vec{v} \text{ ET } p \in c_i$$

$\vec{v}'$  et  $\vec{v}$  ont la même direction

Elle se note  $\vec{v} \cap c_i$ .

Avec  $p$  un point



Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# De la donnée GRIB vers le graphe de recherche

## Stockage et structure des données

Soit  $\vec{v}$  un vecteur, on introduit deux fonctions de  $\vec{v}$  :

- ▶  $long(\vec{v})$  renvoie la norme du vecteur
- ▶  $cost(\vec{v})$  le coût du vecteur

### Fonction de coût

$$cost(\vec{v}) = \sum_{i=1}^M cost(\vec{v} \cap c_i)$$

→  $cost(\vec{v} \cap c_i)$  est fonction de  $long(\vec{v} \cap c_i)$ , de la direction de  $\vec{v}$  et de la valeur des données contenues dans  $c_i$ .

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

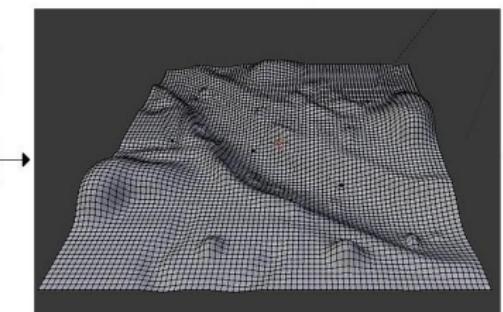
Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

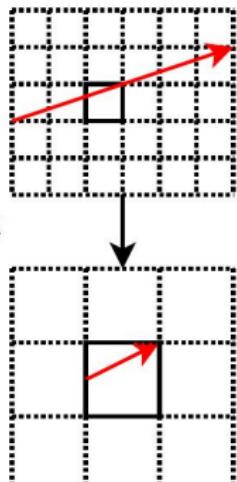
# De la donnée GRIB vers le graphe de recherche

## Synthèse des traitements effectués



Fichier de données GRIB

Données stockées sous forme d'objet IAVA



Calcul du coût du trajet en fonction des données

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# De la donnée GRIB vers le graphe de recherche

## Synthèse des traitements effectués



Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

**Modélisation**

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

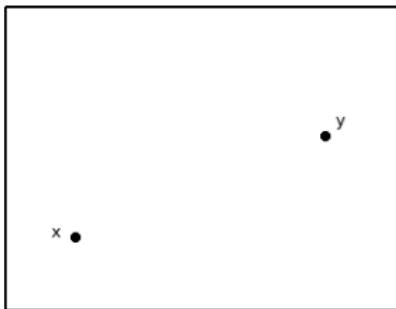
Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# De la donnée GRIB vers le graphe de recherche

## Synthèse des traitements effectués



Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

**Modélisation**

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

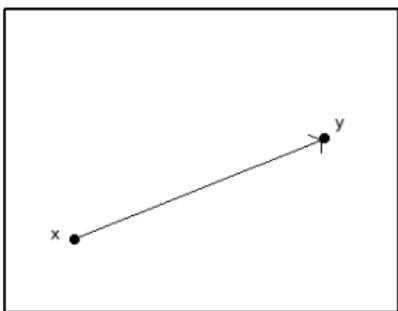
Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# De la donnée GRIB vers le graphe de recherche

## Synthèse des traitements effectués



Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

**Modélisation**

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

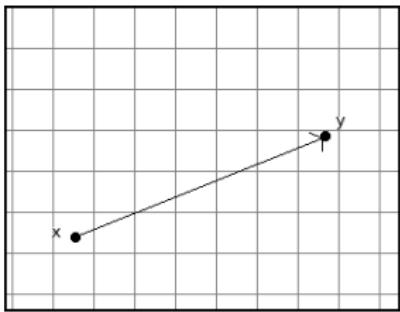
Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# De la donnée GRIB vers le graphe de recherche

## Synthèse des traitements effectués



Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

**Modélisation**

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

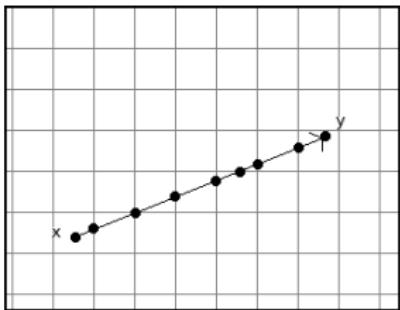
Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# De la donnée GRIB vers le graphe de recherche

## Synthèse des traitements effectués



Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

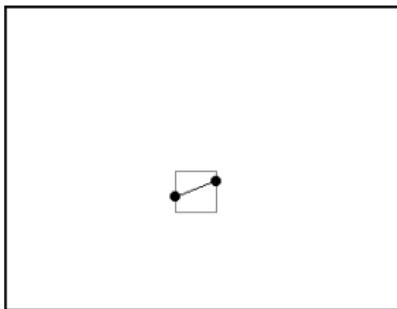
Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# De la donnée GRIB vers le graphe de recherche

## Synthèse des traitements effectués



Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

**Modélisation**

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

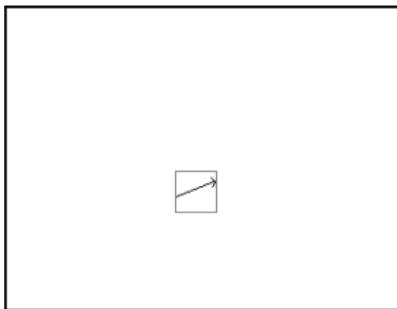
Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# De la donnée GRIB vers le graphe de recherche

## Synthèse des traitements effectués



Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

**Modélisation**

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

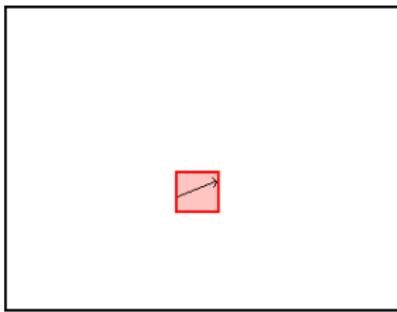
Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# De la donnée GRIB vers le graphe de recherche

## Synthèse des traitements effectués



Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

**Modélisation**

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

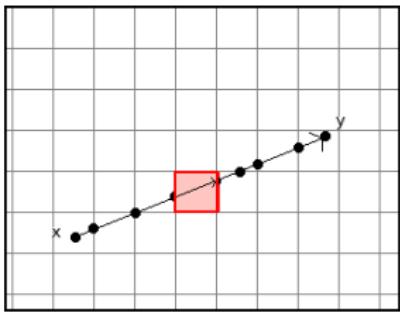
Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# De la donnée GRIB vers le graphe de recherche

## Synthèse des traitements effectués



Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

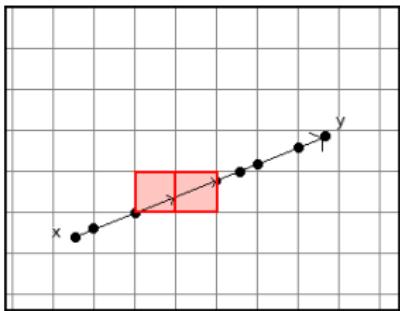
Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# De la donnée GRIB vers le graphe de recherche

## Synthèse des traitements effectués



Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

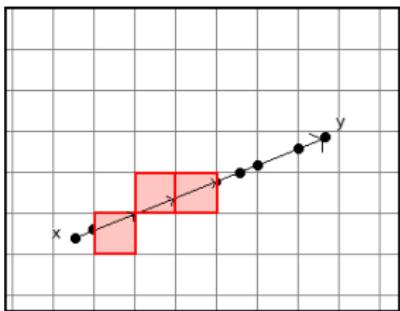
Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# De la donnée GRIB vers le graphe de recherche

## Synthèse des traitements effectués



Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

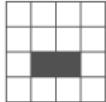
Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# De la donnée GRIB vers le graphe de recherche

## Synthèse des traitements effectués

Hétérogénéité  
dans la  
discrétisation  
spatiale



Raisonnement en  
milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et  
réalisation d'un  
prototype

Communiquer sur  
son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas  
d'application

Outils de travail

La recherche en  
entreprise

Exemple de projets de  
recherche

Organisation de la  
recherche

Financement de la  
recherche

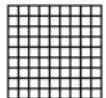
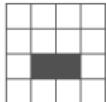
Synthèse et  
évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# De la donnée GRIB vers le graphe de recherche

## Synthèse des traitements effectués

Hétérogénéité  
dans la  
discrétisation  
spatiale



Maillage unique vide

Raisonnement en  
milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et  
réalisation d'un  
prototype

Communiquer sur  
son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas  
d'application

Outils de travail

La recherche en  
entreprise

Exemple de projets de  
recherche

Organisation de la  
recherche

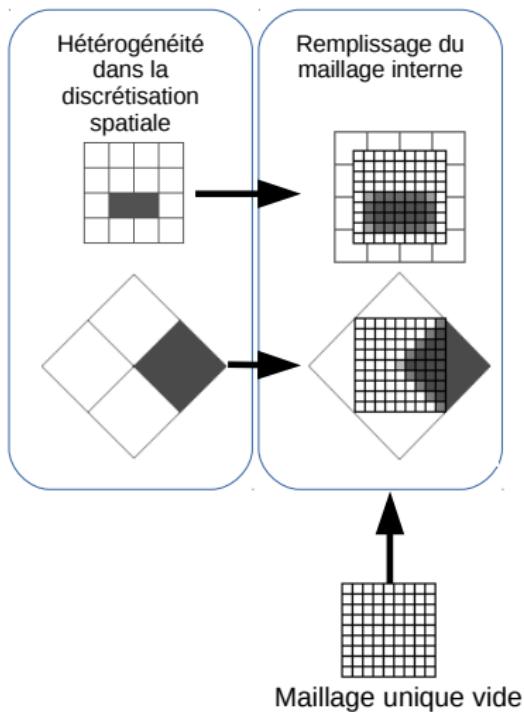
Financement de la  
recherche

Synthèse et  
évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# De la donnée GRIB vers le graphe de recherche

## Synthèse des traitements effectués



Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et  
réalisation d'un  
prototypeCommuniquer sur  
son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

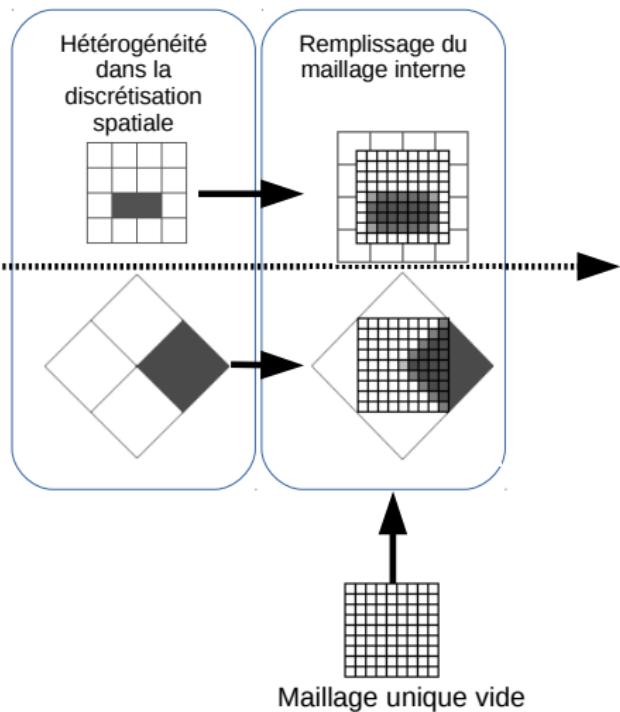
Deux cas  
d'application

Outils de travail

La recherche en  
entrepriseExemple de projets de  
rechercheOrganisation de la  
rechercheFinancement de la  
rechercheSynthèse et  
évaluation du l'UESynthèse  
Évaluation

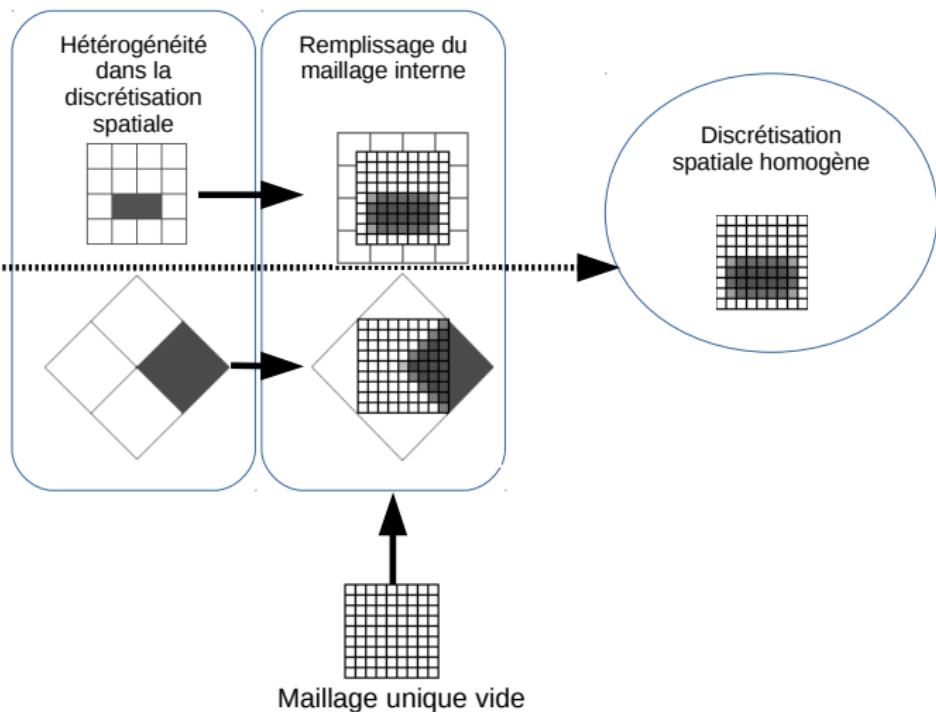
# De la donnée GRIB vers le graphe de recherche

## Synthèse des traitements effectués



# De la donnée GRIB vers le graphe de recherche

## Synthèse des traitements effectués



Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

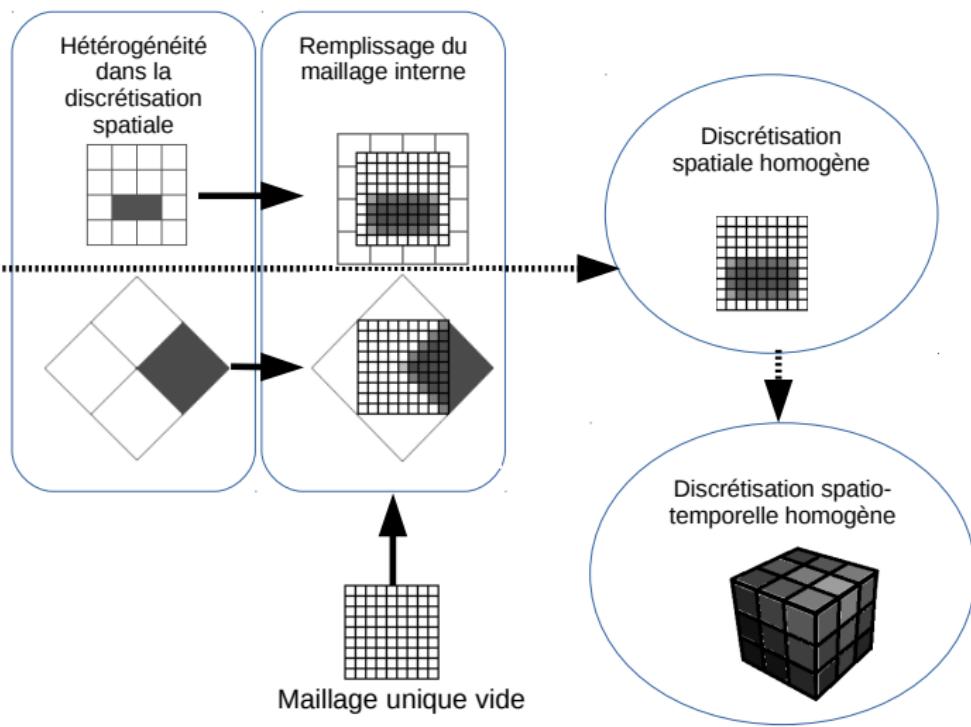
Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# De la donnée GRIB vers le graphe de recherche

## Synthèse des traitements effectués



Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

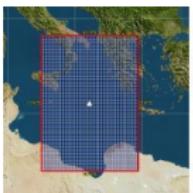
Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# De la donnée GRIB vers le graphe de recherche

## Synthèse des traitements effectués



Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

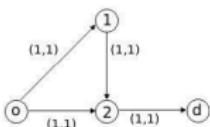
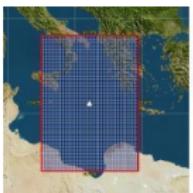
Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# De la donnée GRIB vers le graphe de recherche

## Synthèse des traitements effectués



Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

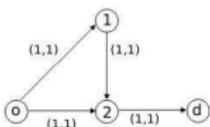
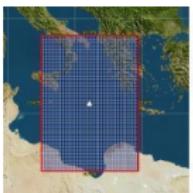
Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# De la donnée GRIB vers le graphe de recherche

## Synthèse des traitements effectués



## Problématiques surmontées

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

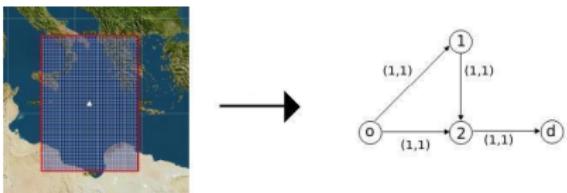
Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# De la donnée GRIB vers le graphe de recherche

## Synthèse des traitements effectués



## Problématiques surmontées

### 1. Identification des sources de données

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

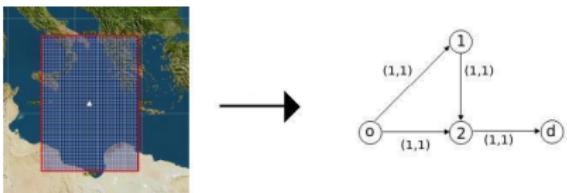
Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# De la donnée GRIB vers le graphe de recherche

## Synthèse des traitements effectués



## Problématiques surmontées

1. Identification des sources de données
2. Pré-traitement de la données (GRIB → objet java)

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

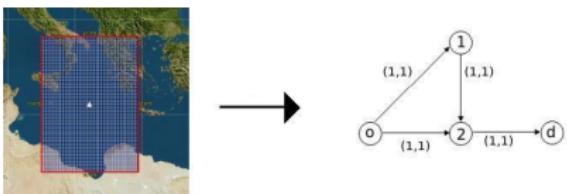
Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# De la donnée GRIB vers le graphe de recherche

## Synthèse des traitements effectués



## Problématiques surmontées

1. Identification des sources de données
2. Pré-traitement de la données (GRIB → objet java)
3. Choix de travailler dans un espace discret, et plus précisément, un graphe

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# De la donnée GRIB vers le graphe de recherche

## Synthèse des traitements effectués



## Problématiques surmontées

1. Identification des sources de données
2. Pré-traitement de la données (GRIB → objet java)
3. Choix de travailler dans un espace discret, et plus précisément, un graphe
4. Discrétisation de l'espace sous forme de graphe-maillage

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

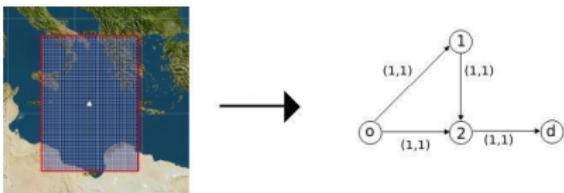
Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

## De la donnée GRIB vers le graphe de recherche

## Synthèse des traitements effectués

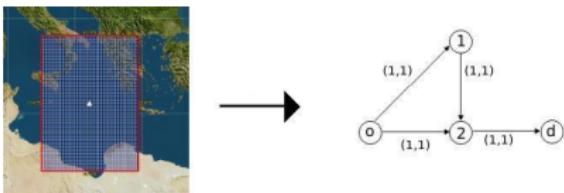


## Problématiques surmontées

1. Identification des sources de données
  2. Pré-traitement de la données (GRIB → objet java)
  3. Choix de travailler dans un espace discret, et plus précisément, un graphe
  4. Discrétisation de l'espace sous forme de graphe-maillage
  5. Transformation de l'objet java en graphe-maillage time-dependent et bi-critère et identification de ses propriétés

## De la donnée GRIB vers le graphe de recherche

## Synthèse des traitements effectués



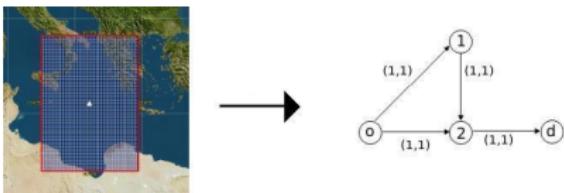
## Problématiques surmontées

1. Identification des sources de données
  2. Pré-traitement de la données (GRIB → objet java)
  3. Choix de travailler dans un espace discret, et plus précisément, un graphe
  4. Discrétisation de l'espace sous forme de graphe-maillage
  5. Transformation de l'objet java en graphe-maillage time-dependent et bi-critère et identification de ses propriétés

## Problématiques soulevées

# De la donnée GRIB vers le graphe de recherche

## Synthèse des traitements effectués



## Problématiques surmontées

1. Identification des sources de données
2. Pré-traitement de la données (GRIB → objet java)
3. Choix de travailler dans un espace discret, et plus précisément, un graphe
4. Discrétisation de l'espace sous forme de graphe-maillage
5. Transformation de l'objet java en graphe-maillage time-dependent et bi-critère et identification de ses propriétés

## Problématiques soulevées

- ▶ Problème de plus court chemin dans un tel graphe NP-complet

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

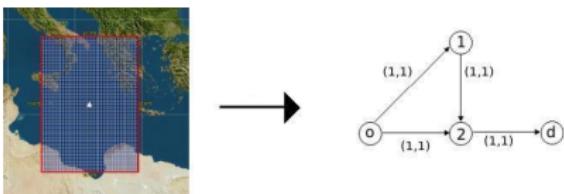
Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# De la donnée GRIB vers le graphe de recherche

## Synthèse des traitements effectués



## Problématiques surmontées

1. Identification des sources de données
2. Pré-traitement de la données (GRIB → objet java)
3. Choix de travailler dans un espace discret, et plus précisément, un graphe
4. Discrétisation de l'espace sous forme de graphe-maillage
5. Transformation de l'objet java en graphe-maillage time-dependent et bi-critère et identification de ses propriétés

## Problématiques soulevées

- ▶ Problème de plus court chemin dans un tel graphe NP-complet
- ▶ Propriété de Bellman non valide

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

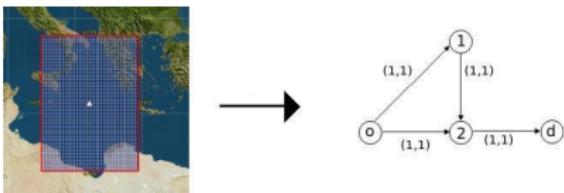
Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# De la donnée GRIB vers le graphe de recherche

## Synthèse des traitements effectués



## Problématiques surmontées

1. Identification des sources de données
2. Pré-traitement de la données (GRIB → objet java)
3. Choix de travailler dans un espace discret, et plus précisément, un graphe
4. Discrétisation de l'espace sous forme de graphe-maillage
5. Transformation de l'objet java en graphe-maillage time-dependent et bi-critère et identification de ses propriétés

## Problématiques soulevées

- ▶ Problème de plus court chemin dans un tel graphe NP-complet
- ▶ Propriété de Bellman non valide

## Quid de la résolution ?

## Introduction

# Les grandes étapes d'un projet de recherche industriel

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

## Communiquer sur son travail

## Outils de travail

## La recherche en entreprise

## Synthèse et évaluation du l'UE

# La résolution : principales étapes

## 1. Réalisation d'un état de l'art

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

**Résolution**

Validation et

réalisation d'un

prototype

Communiquer sur  
son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas  
d'application

Outils de travail

La recherche en  
entreprise

Exemple de projets de  
recherche

Organisation de la  
recherche

Financement de la  
recherche

Synthèse et  
évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation



# La résolution : principales étapes

1. Réalisation d'un état de l'art
2. Choix d'un algorithme pré-existant qu'il faut adapter/améliorer ?

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# La résolution : principales étapes

1. Réalisation d'un état de l'art
2. Choix d'un algorithme pré-existant qu'il faut adapter/améliorer ?
3. Approche systématique vs recherche locale, approximation

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# La résolution : principales étapes

1. Réalisation d'un état de l'art
2. Choix d'un algorithme pré-existant qu'il faut adapter/améliorer ?
3. Approche systématique vs recherche locale, approximation
4. Implémentation, expérimentations, validation des résultats

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# La résolution : principales étapes

Raisonnement en milieu industriel

1. Réalisation d'un état de l'art
2. Choix d'un algorithme pré-existant qu'il faut adapter/améliorer ?
3. Approche systématique vs recherche locale, approximation
4. Implémentation, expérimentations, validation des résultats
5. Communication des résultats (section suivante)

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# La résolution : principales étapes

Raisonnement en milieu industriel

1. Réalisation d'un état de l'art
2. Choix d'un algorithme pré-existant qu'il faut adapter/améliorer ?
3. Approche systématique vs recherche locale, approximation
4. Implémentation, expérimentations, validation des résultats
5. Communication des résultats (section suivante)

Pour chacune de ces étapes, quelles spécificités liées au contexte industriel ?

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# État de l'art

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

**Résolution**

Validation et

réalisation d'un

prototype

Communiquer sur  
son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas  
d'application

Outils de travail

La recherche en  
entreprise

Exemple de projets de  
recherche

Organisation de la  
recherche

Financement de la  
recherche

Synthèse et  
évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation



# État de l'art

## C'est quoi ?

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

**Résolution**

Validation et

réalisation d'un

prototype

Communiquer sur  
son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas  
d'application

Outils de travail

La recherche en  
entreprise

Exemple de projets de  
recherche

Organisation de la  
recherche

Financement de la  
recherche

Synthèse et  
évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# État de l'art

**C'est quoi ?** c'est un état des connaissances existantes, à un moment donné, sur un objet d'étude

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# État de l'art

**C'est quoi ?** c'est un état des connaissances existantes, à un moment donné, sur un objet d'étude

## Les étapes de sa constitution ?

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# État de l'art

**C'est quoi ?** c'est un état des connaissances existantes, à un moment donné, sur un objet d'étude

**Les étapes de sa constitution ?** Bibliographie → synthèse des informations → rédaction

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# État de l'art

**C'est quoi ?** c'est un état des connaissances existantes, à un moment donné, sur un objet d'étude

**Les étapes de sa constitution ?** Bibliographie → synthèse des informations → rédaction

**Important :** Confronter les éléments récoltés, en mettant en évidence les convergences / divergences / complémentarités (des points de vue adoptés et résultats obtenus)

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# État de l'art

## Bibliographie

- ▶ Les ressources : bases de données bibliographiques électroniques, plateforme de périodiques...
- ▶ Quid des articles/base de données payants
- ▶ Les outils : gestionnaires bibliographiques permettant export en fichier .tex
- ▶ Spécificités liées au contexte industriel
  - ▶ Deux états de l'art
  - ▶ Implications indirectes (temps de calcul etc.) à bien spécifier en amont !

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# État de l'art

## Synthèse des informations

1. Filtrer les publications pertinentes
2. Confronter les éléments récoltés
3. Organiser la connaissance et éventuellement identifier des lacunes

Pour cela, s'aider d'un outil de gestion bibliographique, penser à annoter les articles au fur à mesure, "à chaud" après la lecture.

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# État de l'art

## Rédaction de l'état de l'art

- ▶ Mettre à l'écrit l'information collectée et organisée
- ▶ Citer les différentes références
- ▶ Objectif : mettre en valeur les verrous scientifiques qui n'ont pas encore été levées, permettant de répondre au besoin industriel

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# État de l'art

Pour reprendre l'exemple de la thèse

1. Quasiment un an de travail bibliographique (+ gestion des données)
2. Identification des verrous scientifiques mais aussi des algorithmes pertinents
3. Rédaction continue de l'état de l'art

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# État de l'art

Pour reprendre l'exemple de la thèse

- ▶ Première formulation du problème de plus court chemin multi-objectif ([?])
- ▶ Extension de Dijkstra au cas du multi-objectif ([?])
- ▶ Extension de A\* au cas multi-objectif : MOA\* ([?])
- ▶ NAMOA\* : meilleur temps de calcul pour des graphes à valuations positivement corrélées ([?])

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse

Évaluation

# État de l'art

Pour reprendre l'exemple de la thèse

Raisonnement en milieu industriel

Algorithme	Veneti Veneti et. al INFORM 2015	
Graphe	Time-dependent	
Sélection et exploration	D'un sommet	
Utilisation d'une heuristique	Non	
Ordre d'exploration	Temporel croissant	
Procédures supplémentaires	Élagage	

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# État de l'art

Pour reprendre l'exemple de la thèse

Algorithme	Veneti Veneti et. al INFORM 2015	NAMOA* Mandow, De La Cruz IJCAI 2005
Graphe	Time-dependent	Statique
Sélection et exploration	D'un sommet	D'un chemin
Utilisation d'une heuristique	Non	Oui
Ordre d'exploration	Temporel croissant	Suivant un minorant du coût total du chemin
Procédures supplémentaires	Élagage	Élagage et filtrage

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# État de l'art

Pour reprendre l'exemple de la thèse

Algorithme	Veneti Veneti et. al INFORM 2015	NAMOA* Mandow, De La Cruz IJCAI 2005
Graphe	<b>Time-dependent</b>	Statique
Sélection et exploration	D'un sommet	D'un chemin
Utilisation d'une heuristique	Non	<b>Oui</b>
Ordre d'exploration	Temporel croissant	Suivant un minorant du coût total du chemin
Procédures supplémentaires	Élagage	Élagage et <b>filtrage</b>

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Choix d'un algorithme

Raisonnement en milieu industriel

- ▶ Existe-t-il un algorithme qui résoud le problème ?
- ▶ Les expérimentations menées par les auteurs des articles sont-elles concluantes ?
- ▶ Nos données sont-elles suffisamment proches de celles testées dans l'article ?
- ▶ Dans le cas contraire, comment se passera une mise à l'échelle ?

## Quelques conseils :

- ▶ Faire au mieux avec ce que l'on a
- ▶ Ne pas hésiter à contacter les auteurs
- ▶ Exposer son travail et ses idées pour avoir des retours
- ▶ Commencer par implémenter des choses simples pour se familiariser avec le problème
- ▶ Essayer de garder le client final "dans la boucle" pour bien adhérer au problème industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse

Évaluation

# Choix d'un algorithme

Complexité du problème : rappel

- ▶ Le problème de décision : existe-t-il une route maritime dont la durée est bornée par  $W$ , et la consommation de carburant est bornée par  $K$  est NP-complet
- ▶ Le problème d'optimisation associé est NP-difficile
- ▶ Hansen a présenté un graphe bicritère pour lequel le nombre de solutions pareto-optimales est exponentiel de la taille du problème !

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Choix d'un algorithme

Nouvel algorithme NAMOA\*-TD

## Contribution algorithmique :

- ▶ Extension de NAMOA\*
- ▶ Prise en compte du temps
- ▶ Pré-calcul de solutions
- ▶ Proposition d'une heuristique admissible

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Choix d'un algorithme

## Calcul d'un minorant du coût d'un chemin

$G_{min}^{statique}$  = homologue statique de  $G_{TD}$  avec  $c_{min}^{statique} = \min_{t \in T} c(t)$

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Choix d'un algorithme

## Calcul d'un minorant du coût d'un chemin

$G_{min}^{statique}$  = homologue statique de  $G_{TD}$  avec  $c_{min}^{statique} = \min_{t \in T} c(t)$

### Heuristique

- ▶  $h_i$  est le coût du plus court chemin entre  $i$  et  $d$  dans  $G_{min}^{statique}$
- ▶ l'heuristique est calculée une unique fois au début

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Choix d'un algorithme

## Calcul d'un minorant du coût d'un chemin

$G_{min}^{statique}$  = homologue statique de  $G_{TD}$  avec  $c_{min}^{statique} = \min_{t \in T} c(t)$

## Heuristique

- ▶  $h_i$  est le coût du plus court chemin entre  $i$  et  $d$  dans  $G_{min}^{statique}$
- ▶ l'heuristique est calculée une unique fois au début

## Propriété du coût estimé

Le coût d'un chemin complet passant par un sous-chemin  $ch_{oi}$  a pour borne inférieure  $c(ch_{oi}) + h_i$

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Choix d'un algorithme

## Calcul d'un minorant du coût d'un chemin

$G_{min}^{statique}$  = homologue statique de  $G_{TD}$  avec  $c_{min}^{statique} = \min_{t \in T} c(t)$

## Heuristique

- ▶  $h_i$  est le coût du plus court chemin entre  $i$  et  $d$  dans  $G_{min}^{statique}$
- ▶ l'heuristique est calculée une unique fois au début

## Propriété du coût estimé

Le coût d'un chemin complet passant par un sous-chemin  $ch_{oi}$  a pour borne inférieure  $c(ch_{oi}) + h_i$

## Propriété de l'algorithme

Terminaison garantie par l'ordre d'exploration : bornes inférieures non-dominées en priorité et ordonné FIFO

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Choix d'un algorithme

## Procédures d'élagage et de filtrage

### Procédure d'élagage

Un chemin partiel  $ch_{oi}$  peut être éliminé s'il est localement dominé par un autre chemin partiel  $ch'_{oi}$

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Choix d'un algorithme

## Procédures d'élagage et de filtrage

### Procédure d'élagage

Un chemin partiel  $ch_{oi}$  peut être éliminé s'il est localement dominé par un autre chemin partiel  $ch'_{oi}$

### Procédure de filtrage

Un chemin partiel  $ch_{oi}$  peut être éliminé si son évaluation est dominée par au moins un chemin complet  $ch_{od}$

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Choix d'un algorithme

## Procédures d'élagage et de filtrage

### Procédure d'élagage

Un chemin partiel  $ch_{oi}$  peut être éliminé s'il est localement dominé par un autre chemin partiel  $ch'_{oi}$

### Procédure de filtrage

Un chemin partiel  $ch_{oi}$  peut être éliminé si son évaluation est dominée par au moins un chemin complet  $ch_{od}$

### Attention

Contrairement à NAMOA\*, la procédure d'élagage doit être faite à la même date d'arrivée

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Choix d'un algorithme

Pour résumer

## Principe :

- Le graphe de recherche est parcouru en largeur
- Les solutions partielles sont stockées dans un graphe de solution
- Les solutions partielles qui dans le meilleur des cas sont plus mauvaise qu'une solution locale sont éliminées
- Les solutions partielles qui dans le meilleur des cas sont plus mauvaise qu'une solution globale sont éliminées

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Choix d'un algorithme

Pour résumer

Choix effectués :

- ▶ Choix d'étendre un algorithme pré-existant
- ▶ Puis de le comparer avec une approche existante
- ▶ Choix d'une approche systématique et complète dans un premier temps
- ▶ Choix de simplifier le problème, vitesse non prise en compte !

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Choix d'un algorithme

Problème simplifié : explications

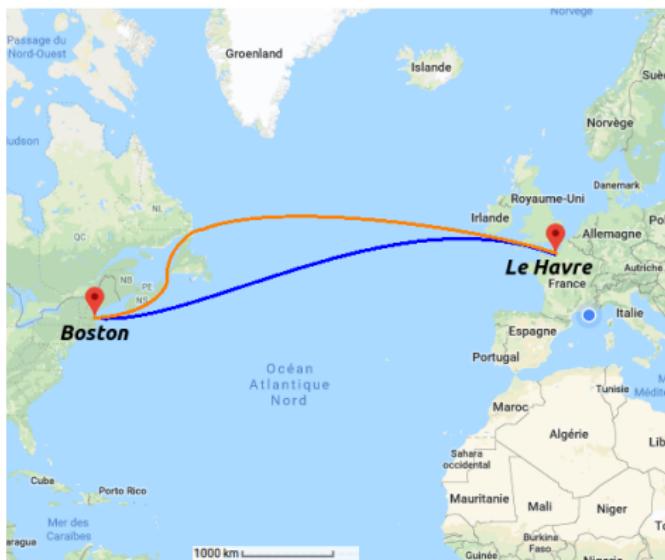
## Quelle route choisir ?

### Route au Nord :

- Plus longue
- Vents favorables

### Route au Sud :

- Bourasques de vents
- Courants défavorables
- Mais route plus courte



Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Choix d'un algorithme

Problème simplifié : explications

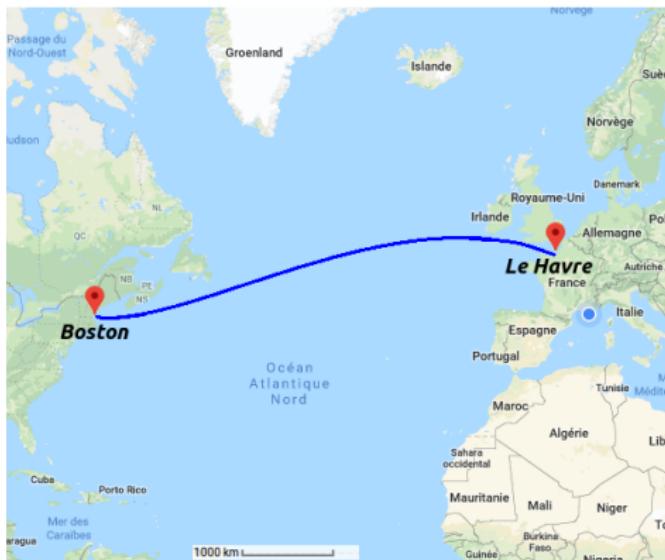
**Quelle route choisir ? Quelles vitesses adopter le long de la route ?**

**Route au Nord :**

- Plus longue
- Vents favorables

**Route au Sud :**

- Bourasques de vents
- Courants défavorables
- Mais route plus courte



Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Choix d'un algorithme

Problème simplifié : explications

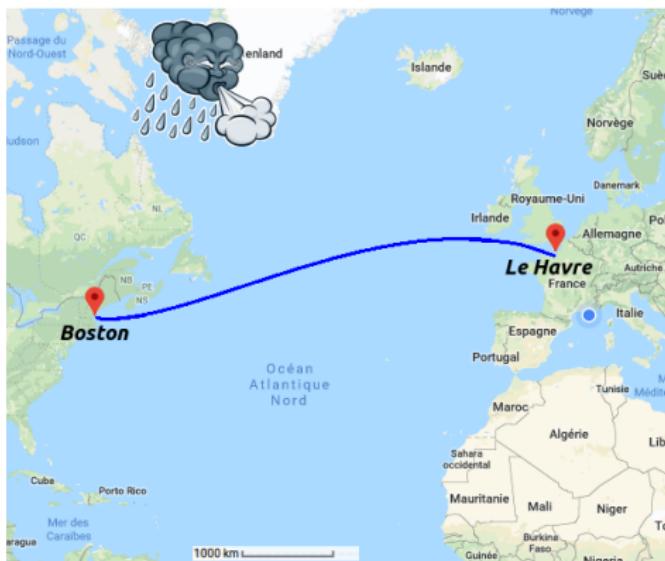
**Quelle route choisir ? Quelles vitesses adopter le long de la route ?**

**Route au Nord :**

- Plus longue
- Vents favorables

**Route au Sud :**

- Bourasques de vents
- Courants défavorables
- Mais route plus courte



Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Choix d'un algorithme

Problème simplifié : explications

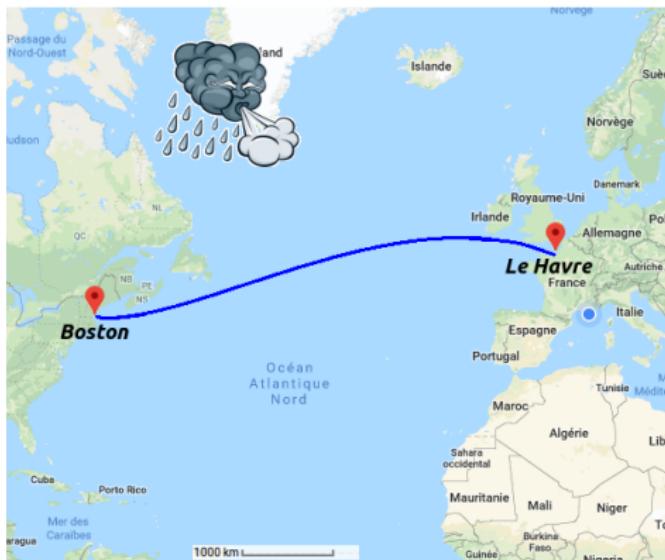
**Quelle route choisir ? Quelles vitesses adopter le long de la route ?**

**Route au Nord :**

- Plus longue
- Vents favorables

**Route au Sud :**

- Bourasques de vents
- Courants défavorables
- Mais route plus courte



Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Choix d'un algorithme

Problème simplifié : explications

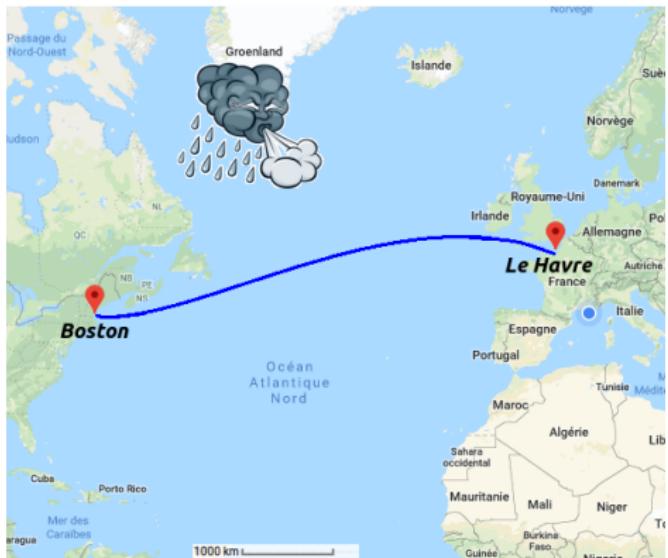
**Quelle route choisir ? Quelles vitesses adopter le long de la route ?**

**Route au Nord :**

- Plus longue
- Vents favorables

**Route au Sud :**

- Bourasques de vents
- Courants défavorables
- Mais route plus courte



# Choix d'un algorithme

Problème simplifié : explications

Quelle route choisir ? Quelles vitesses adopter le long de la route ?

## Route au Nord :

- Plus longue
- Vents favorables

## Route au Sud :

- Bourasques de vents
- Courants défavorables
- Mais route plus courte



Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse

Évaluation

# Choix d'un algorithme

Problème simplifié : explications

**Quelle route choisir ? Quelles vitesses adopter le long de la route ?**

**Route au Nord :**

- Plus longue
- Vents favorables

**Route au Sud :**

- Bourasques de vents
- Courants défavorables
- Mais route plus courte



# Choix d'un algorithme

Problème simplifié : explications

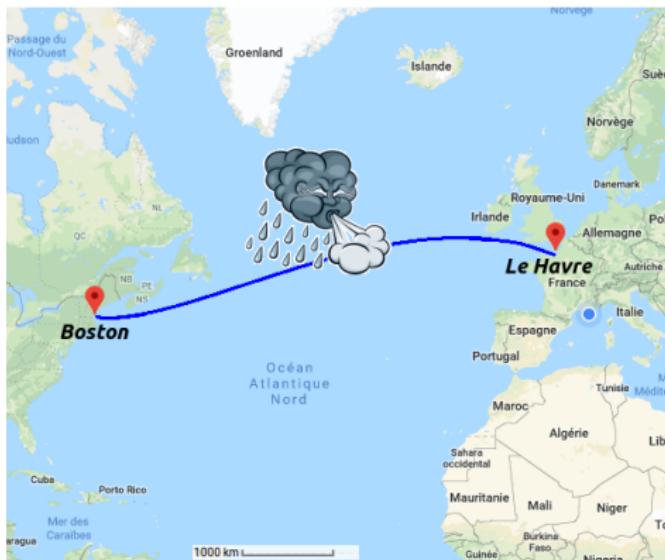
**Quelle route choisir ? Quelles vitesses adopter le long de la route ?**

**Route au Nord :**

- Plus longue
- Vents favorables

**Route au Sud :**

- Bourasques de vents
- Courants défavorables
- Mais route plus courte



Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Choix d'un algorithme

Problème simplifié : explications

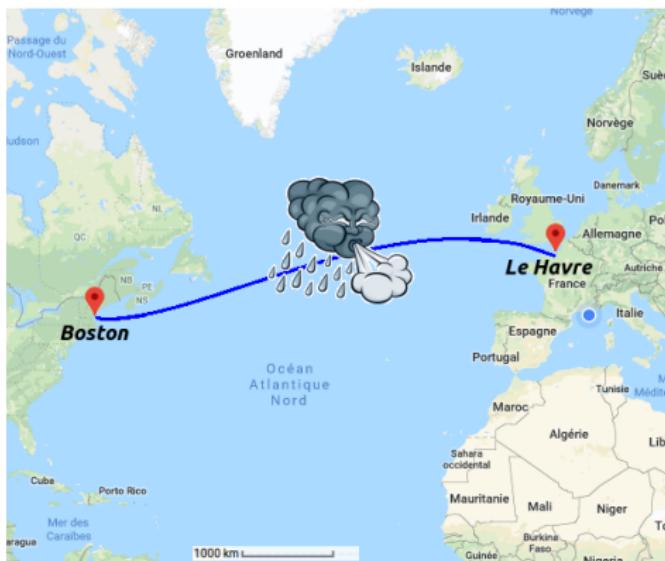
**Quelle route choisir ? Quelles vitesses adopter le long de la route ?**

## Route au Nord :

- Plus longue
- Vents favorables

## Route au Sud :

- Bourasques de vents
- Courants défavorables
- Mais route plus courte



Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Choix d'un algorithme

Problème simplifié : explications

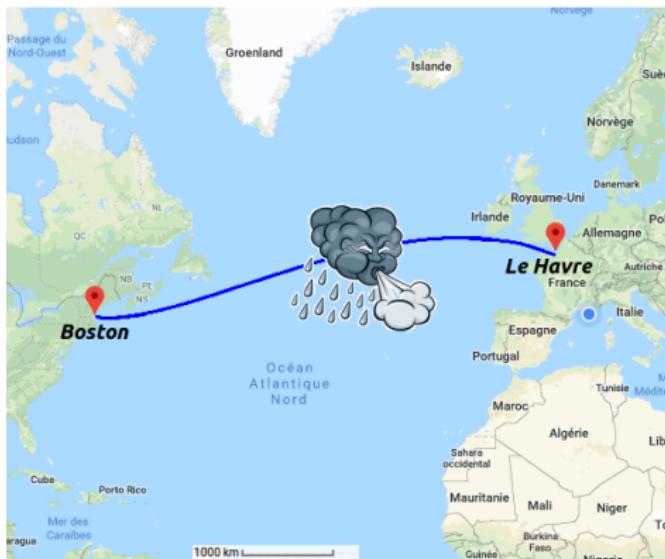
**Quelle route choisir ? Quelles vitesses adopter le long de la route ?**

## Route au Nord :

- Plus longue
- Vents favorables

## Route au Sud :

- Bourasques de vents
- Courants défavorables
- Mais route plus courte



# Choix d'un algorithme

Problème simplifié : explications

Quelle route choisir ? Quelles vitesses adopter le long de la route ?

**Route au Nord :**

- Plus longue
- Vents favorables

**Route au Sud :**

- Bourasques de vents
- Courants défavorables
- Mais route plus courte



Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Choix d'un algorithme

Problème simplifié : explications

**Quelle route choisir ? Quelles vitesses adopter le long de la route ?**

## Route au Nord :

- Plus longue
- Vents favorables

## Route au Sud :

- Bourasques de vents
- Courants défavorables
- Mais route plus courte



Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Choix d'un algorithme

Problème simplifié : explications

**Quelle route choisir ? Quelles vitesses adopter le long de la route ?**

## Route au Nord :

- Plus longue
- Vents favorables

## Route au Sud :

- Bourasques de vents
- Courants défavorables
- Mais route plus courte



Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Choix d'un algorithme

Problème simplifié : explications

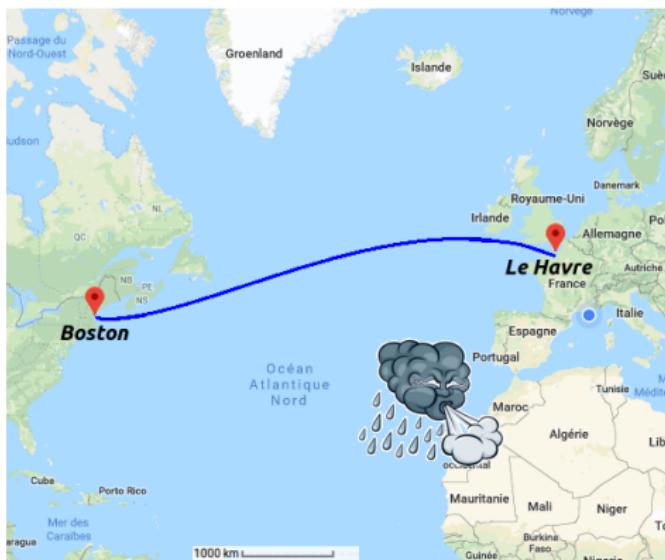
**Quelle route choisir ? Quelles vitesses adopter le long de la route ?**

**Route au Nord :**

- Plus longue
- Vents favorables

**Route au Sud :**

- Bourasques de vents
- Courants défavorables
- Mais route plus courte



# Choix d'un algorithme

Problème simplifié : explications

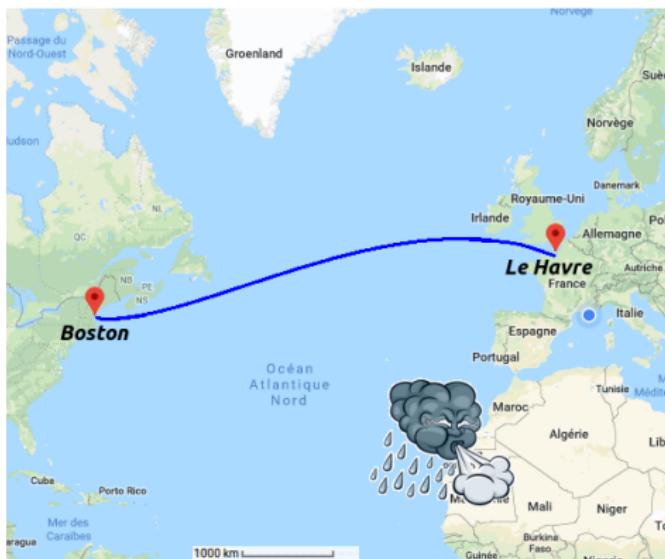
**Quelle route choisir ? Quelles vitesses adopter le long de la route ?**

**Route au Nord :**

- Plus longue
- Vents favorables

**Route au Sud :**

- Bourasques de vents
- Courants défavorables
- Mais route plus courte



Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Choix d'un algorithme

Problème simplifié : explications

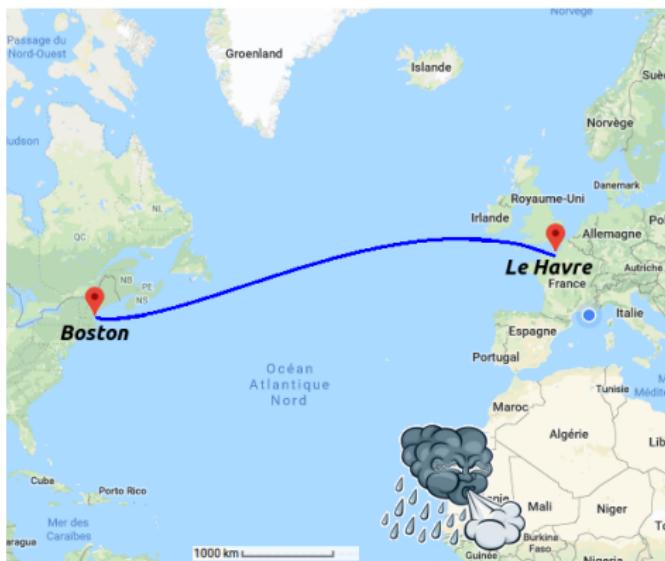
**Quelle route choisir ? Quelles vitesses adopter le long de la route ?**

## Route au Nord :

- Plus longue
- Vents favorables

## Route au Sud :

- Bourasques de vents
- Courants défavorables
- Mais route plus courte



Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Choix d'un algorithme

Problème simplifié : explications

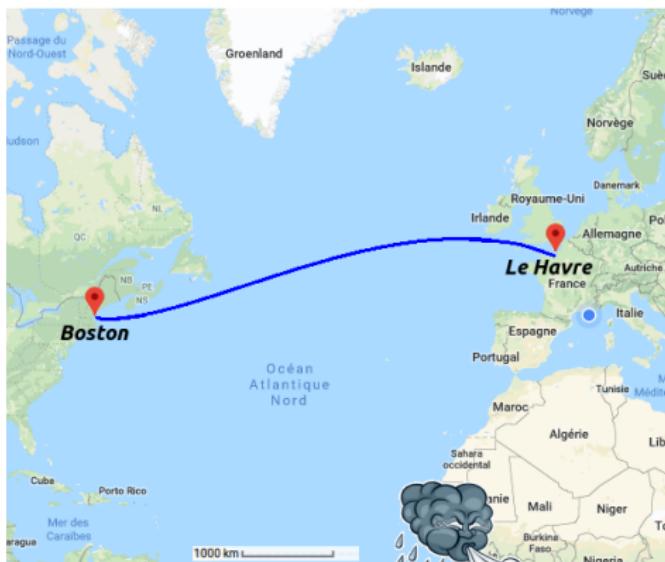
**Quelle route choisir ? Quelles vitesses adopter le long de la route ?**

**Route au Nord :**

- Plus longue
- Vents favorables

**Route au Sud :**

- Bourasques de vents
- Courants défavorables
- Mais route plus courte



# Choix d'un algorithme

Problème simplifié : explications

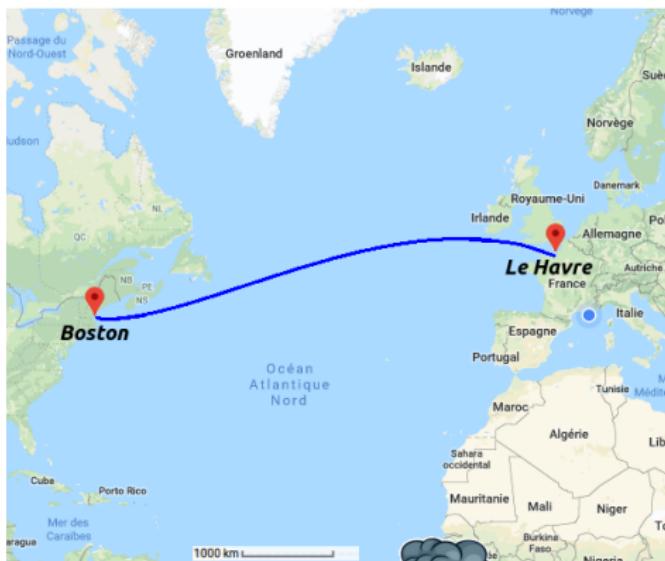
**Quelle route choisir ? Quelles vitesses adopter le long de la route ?**

## Route au Nord :

- Plus longue
- Vents favorables

## Route au Sud :

- Bourasques de vents
- Courants défavorables
- Mais route plus courte



Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Choix d'un algorithme

Problème simplifié : explications

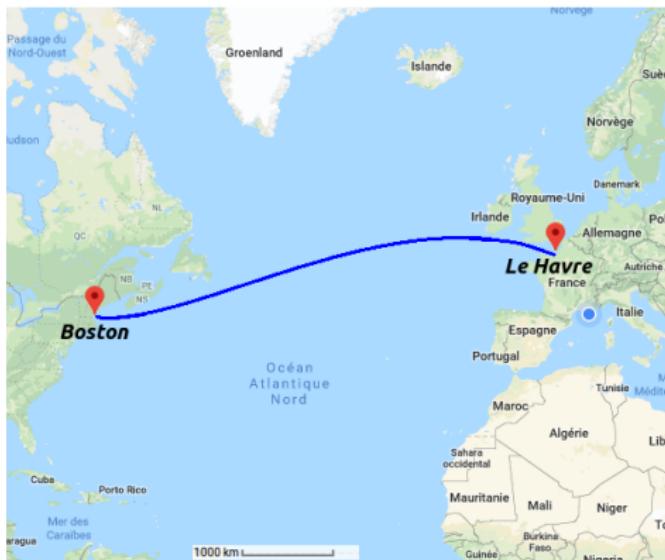
**Quelle route choisir ? Quelles vitesses adopter le long de la route ?**

## Route au Nord :

- Plus longue
- Vents favorables

## Route au Sud :

- Bourasques de vents
- Courants défavorables
- Mais route plus courte



Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Choix d'un algorithme

Problème simplifié : explications

**Quelle route choisir ? Quelles vitesses adopter le long de la route ?**

## Route au Nord :

- Plus longue
- Vents favorables

## Route au Sud :

- Bourasques de vents
- Courants défavorables
- Mais route plus courte

Boston → Le Havre

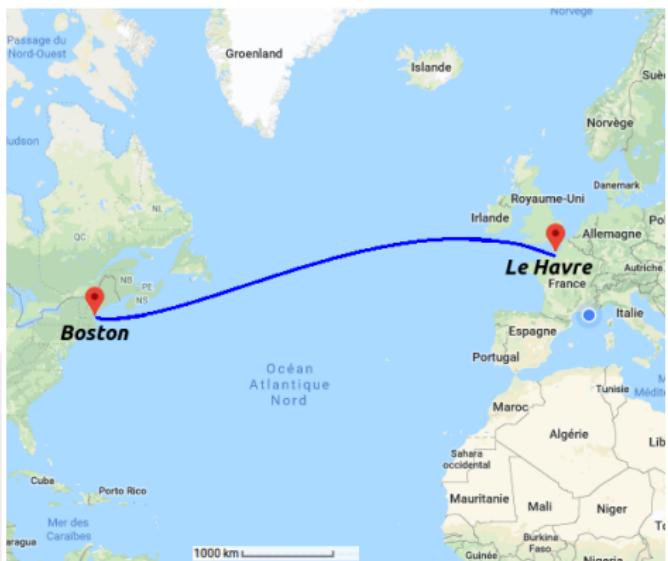
5350 km

16 noeuds ( $27\text{km.h}^{-1}$ )

7 jours

2100 tonnes de carburant

825 000 €



# Choix d'un algorithme

## Problème simplifié

- ▶ Jusqu'à maintenant problème traité de manière exacte
- ▶ Temps de calcul correcte du nouvel algorithme NAMOA\*-TD
- ▶ MAIS prise en compte de la vitesse = augmentation de la combinatoire !
- ▶ Choix d'une approche approximative pour respecter les contraintes industrielles

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Choix d'un algorithme

## 2e étape : optimisation de la vitesse

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

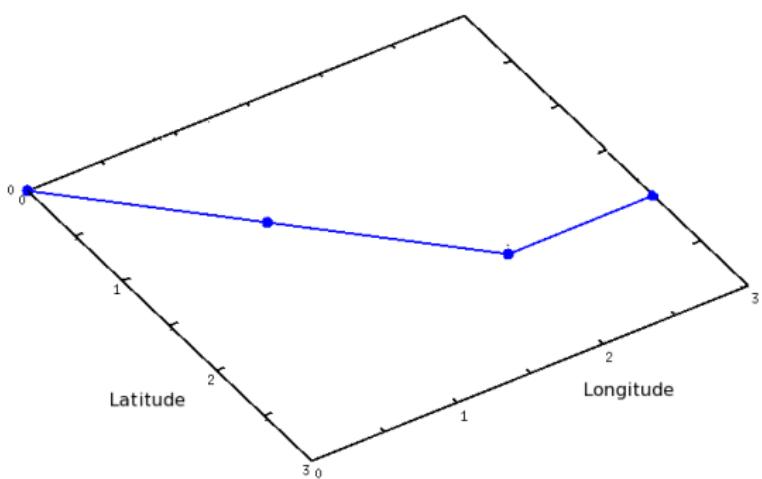
Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Choix d'un algorithme

## Optimisation de la vitesse : modélisation

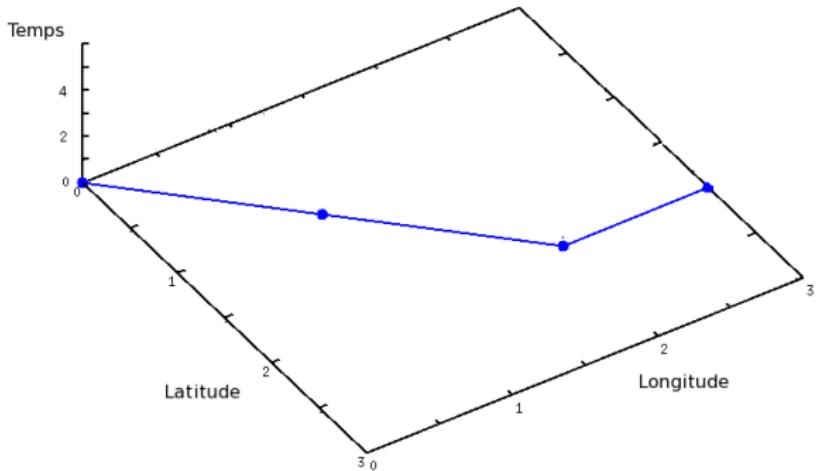
Raisonnement en milieu industriel



# Choix d'un algorithme

## Optimisation de la vitesse : modélisation

Raisonnement en milieu industriel



Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

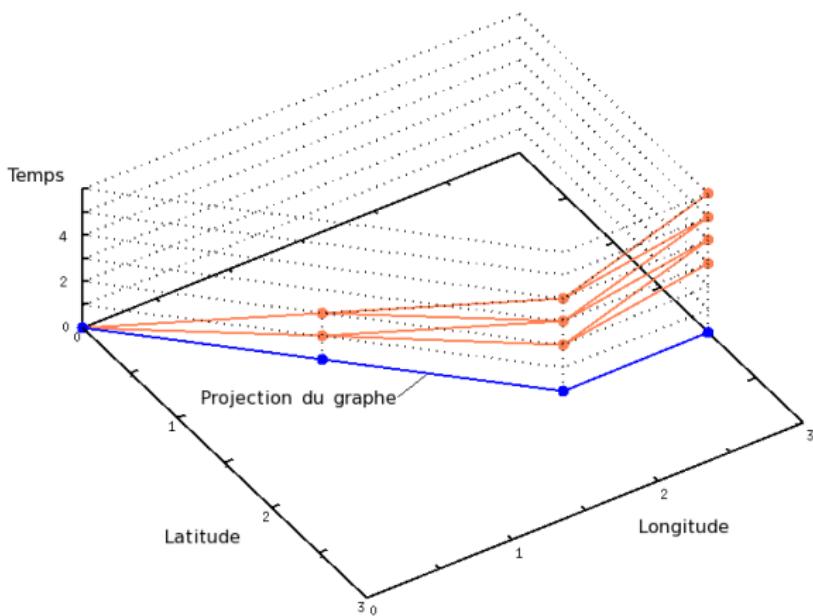
Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Choix d'un algorithme

## Optimisation de la vitesse : modélisation

Raisonnement en milieu industriel



Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

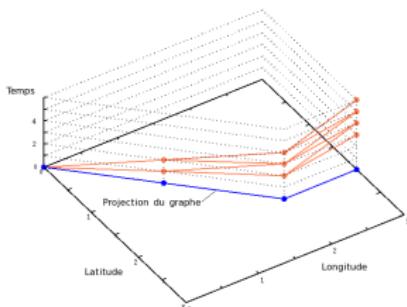
Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Choix d'un algorithme

## Optimisation de la vitesse : modélisation



## Données du problème

- ▶ Graphe time-expanded  $G_{TE} = (N, A, c)$ 
  - ▶  $N \subset LAT \times LONG \times T$
  - ▶  $A$  représente l'ensemble des arcs respectant les contraintes spatio-temporelles
  - ▶  $T$  une séquence de dates  $\langle t_0, t_1, t_2, \dots \rangle$  où  $t_0$  représente la date de départ
  - ▶  $c(a_{ij})$  le coût multicritère de  $a_{ij}$
- ▶ Les sommets de départ et d'arrivée

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Choix d'un algorithme

Optimisation de la vitesse : time-expanded vs time-dependent

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

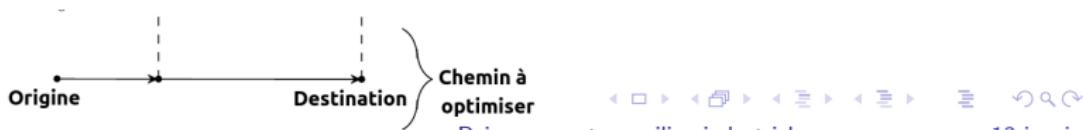
Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

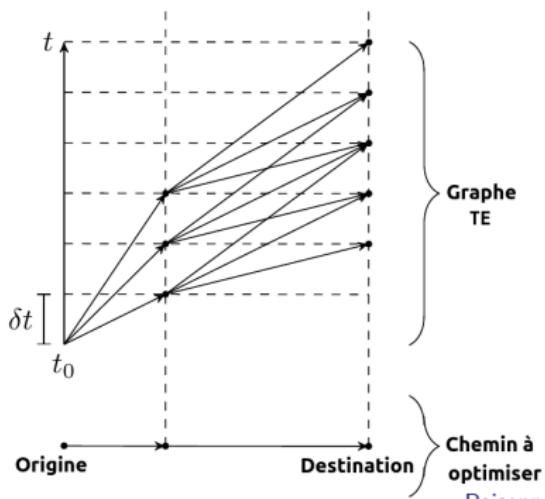
Synthèse  
Évaluation



# Choix d'un algorithme

Optimisation de la vitesse : time-expanded vs time-dependent

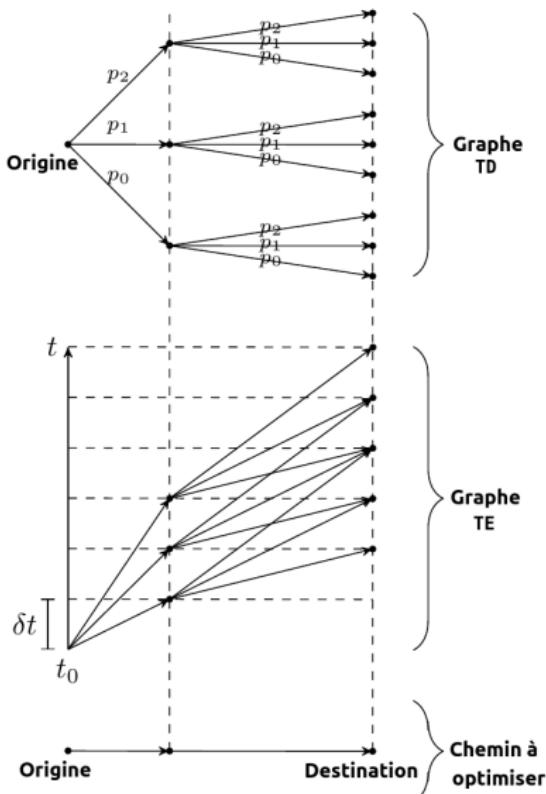
Raisonnement en milieu industriel



Raisonnement en milieu industriel

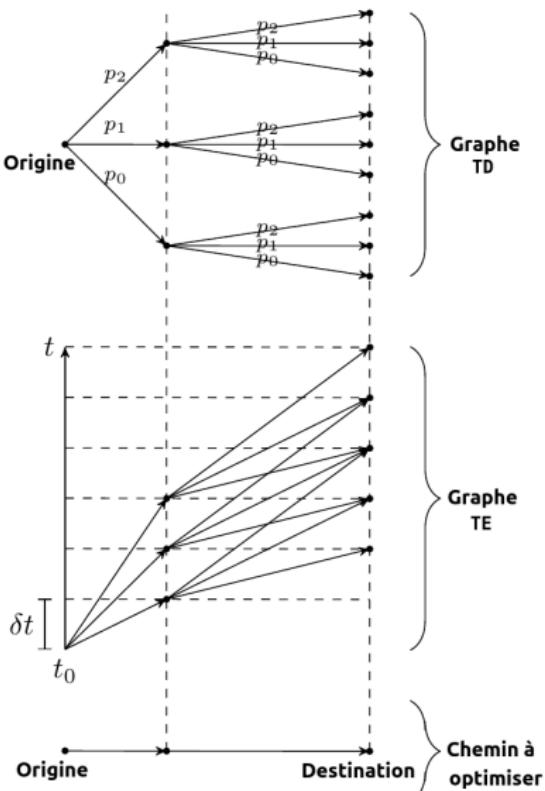
# Choix d'un algorithme

Optimisation de la vitesse : time-expanded vs time-dependent



# Choix d'un algorithme

Optimisation de la vitesse : time-expanded vs time-dependent



## Majoration du nombre de dates d'arrivée

$$|A| = \text{nb. de puissances moteurs}$$

$$|ch| = \text{longueur du chemin initial}$$

Calcul de la majoration pour :

- ▶ Le graphe TD :  $|A|^{|ch|}$
- ▶ Le graphe TE :  $|A| \times |ch|$

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

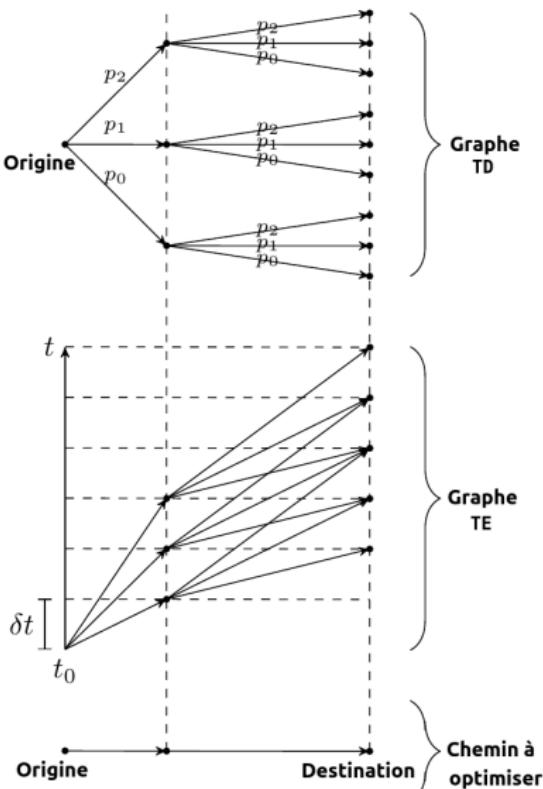
Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Choix d'un algorithme

Optimisation de la vitesse : time-expanded vs time-dependent



## Majoration du nombre de dates d'arrivée

$|A| = \text{nb. de puissances moteurs}$   
 $|ch| = \text{longueur du chemin initial}$

Calcul de la majoration pour :

- ▶ Le graphe TD :  $|A|^{|ch|}$
- ▶ Le graphe TE :  $|A| \times |ch|$

→ Calcul du plus court chemin pour chaque date d'arrivée possible

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Choix d'un algorithme

## Optimisation de la vitesse

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

- ▶ Finalement, approche sous-optimale
- ▶ Mais contrainte de temps de calcul primordiale !
- ▶ Gap théorie - pratique
- ▶ Pari d'avoir malgré tout des solutions intéressantes
- ▶ A confirmer avec les expérimentations

# Choix d'un algorithme

A-t-on bien répondu à la problématique ?

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

**Résolution**

Validation et

réalisation d'un

prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

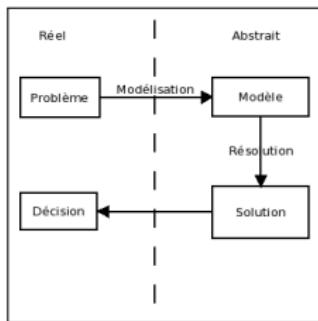
Synthèse  
Évaluation

## Choix d'un algorithme

A-t-on bien répondu à la problématique ?

- Gestion des données d'entrée
  - Structure sur laquelle l'algorithme de recherche travaille
  - Définition de l'espace des solutions
  - Résolution

} Modélisation

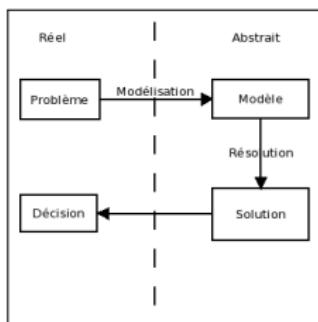


## Choix d'un algorithme

#### A-t-on bien répondu à la problématique ?

- Gestion des données d'entrée
  - Structure sur laquelle l'algorithme de recherche travaille
  - Définition de l'espace des solutions
  - Résolution

} Modélisation

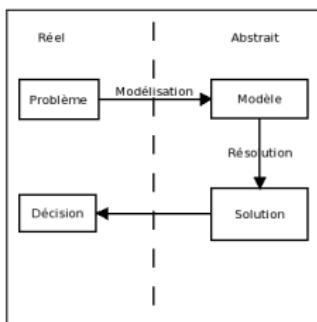


## Prise de décision ?

# Choix d'un algorithme

A-t-on bien répondu à la problématique ?

- Gestion des données d'entrée
  - Structure sur laquelle l'algorithme de recherche travaille
  - Définition de l'espace des solutions
  - Résolution
- } Modélisation



Prise de décision ? → Sélection de solutions pertinentes

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

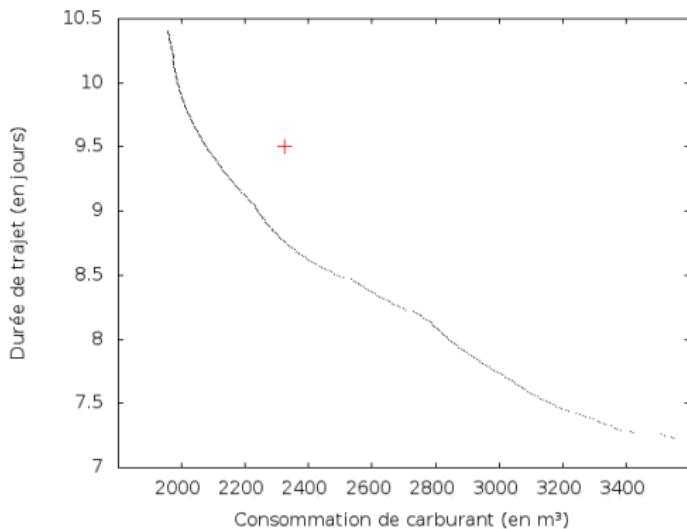
Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Décision

## Sélection des solutions pertinentes

### Front de résultats pour l'optimisation d'un chemin



- Environ 300 résultats pour l'optimisation d'un chemin
- Quelles solutions pertinentes présenter à l'utilisateur ?

# Décision

## Sélection des solutions pertinentes

### Méthode basée sur les travaux de thèse de Lucie Galand [?]

- Solution de référence = solution fictive optimisant tous les objectifs simultanément
- Pondérations =  $w_i = \frac{1}{nad_i - id_i}$  avec  $id$  solution de référence
- Sélection des  $|S * |$  meilleures solutions suivant cette évaluation, dans des intervalles de temps égaux

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

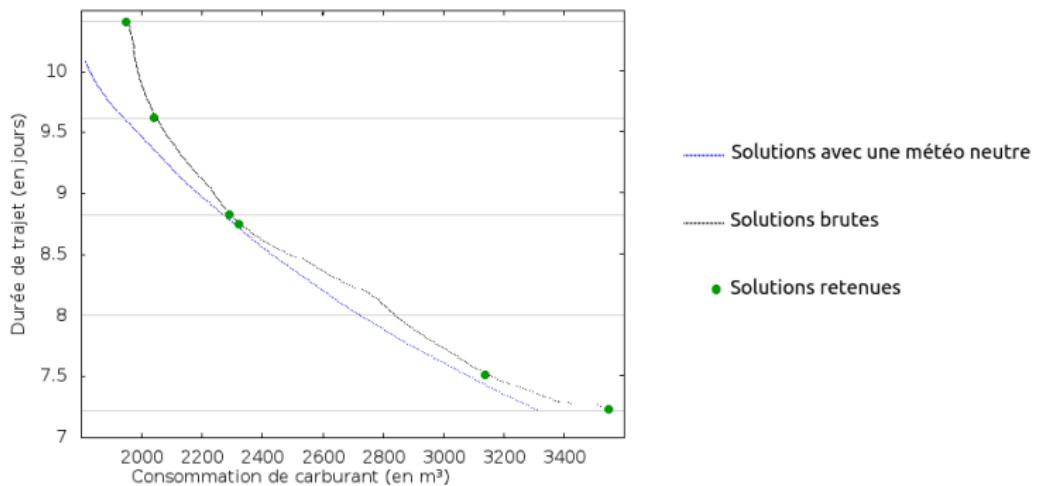
Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Décision

## Sélection des solutions pertinentes

- ▶ Découpage en intervalles de temps égaux
- ▶ Une solution par intervalle
- ▶ Moindre dégradation de l'objectif *carburant* par rapport à des conditions météo neutres



Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Synthèse

Le sujet porte sur l' optimisation des routes pour le trafic maritime. Il s'agira de développer un outil d'aide à la décision pour déterminer les routes optimales des navires en fonction de contraintes et suivant des critères d'optimisation. Le sujet de cette étude portera sur plusieurs axes :

- ▶ Un premier point concerne la modélisation des critères généralement pris en compte par les experts humains en charge de l'optimisation des routes. Cela passe par la mise en évidence des critères d'optimisation (durée du voyage, réduction du carburant, réduction des coûts, sécurité) ainsi que des paramètres ayant un impact potentiel sur le calcul des routes et leur optimisation (météo, courants marins, piraterie, etc.)
- ▶ La conception d'un modèle permettant le stockage et la manipulation de données hétérogènes et multi-sources.
- ▶ La réalisation d'un système permettant le calcul de routes optimales.

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Synthèse

Raisonnement en milieu industriel

Le sujet porte sur l' **optimisation des routes** pour le trafic maritime. Il s'agira de développer un outil d'aide à la décision pour déterminer les routes optimales des navires en fonction de contraintes et suivant des critères d'optimisation. Le sujet de cette étude portera sur plusieurs axes :

- ▶ Un premier point concernera la modélisation des critères généralement pris en compte par les experts humains en charge de l'optimisation des routes. Cela passe par la mise en évidence des critères d'optimisation (durée du voyage, réduction du carburant, réduction des coûts, sécurité) ainsi que des paramètres ayant un impact potentiel sur le calcul des routes et leur optimisation (météo, courants marins, piraterie, etc.)
- ▶ La conception d'un modèle permettant le stockage et la manipulation de données hétérogènes et multi-sources.
- ▶ La réalisation d'un système permettant le calcul de routes optimales.

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Synthèse

Le sujet porte sur l' optimisation des routes pour le trafic maritime. Il s'agira de développer un **outil d'aide à la décision** pour déterminer les routes optimales des navires en fonction de contraintes et suivant des critères d'optimisation. Le sujet de cette étude portera sur plusieurs axes :

- ▶ Un premier point concerne la modélisation des critères généralement pris en compte par les experts humains en charge de l'optimisation des routes. Cela passe par la mise en évidence des critères d'optimisation (durée du voyage, réduction du carburant, réduction des coûts, sécurité) ainsi que des paramètres ayant un impact potentiel sur le calcul des routes et leur optimisation (météo, courants marins, piraterie, etc.)
- ▶ La conception d'un modèle permettant le stockage et la manipulation de données hétérogènes et multi-sources.
- ▶ La réalisation d'un système permettant le calcul de routes optimales.

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Synthèse

Le sujet porte sur l' optimisation des routes pour le trafic maritime. Il s'agira de développer un outil d'aide à la décision pour déterminer les routes optimales des navires en fonction de contraintes et suivant des critères d'optimisation. Le sujet de cette étude portera sur plusieurs axes :

- ▶ Un premier point concernera la **modélisation des critères** généralement pris en compte par les experts humains en charge de l'optimisation des routes. Cela passe par la mise en évidence des critères d'optimisation **durée du voyage, réduction du carburant, réduction des coûts, sécurité** ainsi que des paramètres ayant un impact potentiel sur le calcul des routes et leur optimisation (météo, courants marins, piraterie, etc.)
- ▶ La conception d' un modèle permettant le stockage et la manipulation de données hétérogènes et multi-sources.
- ▶ La réalisation d'un système permettant le calcul de routes optimales.

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Synthèse

Le sujet porte sur l' optimisation des routes pour le trafic maritime. Il s'agira de développer un outil d'aide à la décision pour déterminer les routes optimales des navires en fonction de contraintes et suivant des critères d'optimisation. Le sujet de cette étude portera sur plusieurs axes :

- ▶ Un premier point concernera la modélisation des critères généralement pris en compte par les experts humains en charge de l'optimisation des routes. Cela passe par la mise en évidence des critères d'optimisation (durée du voyage, réduction du carburant, réduction des coûts, sécurité) ainsi que des paramètres ayant un impact potentiel sur le calcul des routes et leur optimisation (météo, courants marins, piraterie, etc.)
- ▶ La conception d'un modèle permettant le stockage et la manipulation de données hétérogènes et multi-sources.
- ▶ La réalisation d'un système permettant le calcul de routes optimales.

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Synthèse

Le sujet porte sur l' optimisation des routes pour le trafic maritime. Il s'agira de développer un outil d'aide à la décision pour déterminer les routes optimales des navires en fonction de contraintes et suivant des critères d'optimisation. Le sujet de cette étude portera sur plusieurs axes :

- ▶ Un premier point concernera la modélisation des critères généralement pris en compte par les experts humains en charge de l'optimisation des routes. Cela passe par la mise en évidence des critères d'optimisation (durée du voyage, réduction du carburant, réduction des coûts, sécurité) ainsi que des paramètres ayant un impact potentiel sur le calcul des routes et leur optimisation (météo, courants marins, piraterie, etc.)
- ▶ La conception d' un modèle permettant le stockage et la manipulation de données hétérogènes et multi-sources.
- ▶ La réalisation d'un système permettant le calcul de routes optimales.

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Synthèse

Le sujet porte sur l' optimisation des routes pour le trafic maritime. Il s'agira de développer un outil d'aide à la décision pour déterminer les routes optimales des navires en fonction de contraintes et suivant des critères d'optimisation. Le sujet de cette étude portera sur plusieurs axes :

- ▶ Un premier point concerne la modélisation des critères généralement pris en compte par les experts humains en charge de l'optimisation des routes. Cela passe par la mise en évidence des critères d'optimisation (durée du voyage, réduction du carburant, réduction des coûts, sécurité) ainsi que des paramètres ayant un impact potentiel sur le calcul des routes et leur optimisation (météo, courants marins, piraterie, etc.)
- ▶ La conception d' un modèle permettant le stockage et la manipulation de données hétérogènes et multi-sources.
- ▶ La **réalisation d'un système** permettant le calcul de routes optimales.

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

## Introduction

# Les grandes étapes d'un projet de recherche industriel

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

## Communiquer sur son travail

## Outils de travail

## La recherche en entreprise

## Synthèse et évaluation du l'UE



Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et  
réalisation d'un  
prototype

Communiquer sur  
son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas  
d'application

Outils de travail

La recherche en  
entreprise

Exemple de projets de  
recherche

Organisation de la  
recherche

Financement de la  
recherche

Synthèse et  
évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Objectifs

Objectif triple :

- ▶ Démontrer l'efficacité de la méthode
- ▶ "Réaliser un système" : prototypage
- ▶ Permettre l'intégration et l'industrialisation de l'algorithme dans un second temps

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et  
réalisation d'un  
prototype

Communiquer sur  
son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas  
d'application

Outils de travail

La recherche en  
entreprise

Exemple de projets de  
recherche

Organisation de la  
recherche

Financement de la  
recherche

Synthèse et  
évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Objectifs

Objectif triple :

- ▶ Démontrer l'efficacité de la méthode
- ▶ "Réaliser un système" : prototypage
- ▶ Permettre l'intégration et l'industrialisation de l'algorithme dans un second temps

Démontrer l'efficacité de la méthode → comparaison avec l'algorithme de Veneti ([?])

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et  
réalisation d'un  
prototype

Communiquer sur  
son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas  
d'application

Outils de travail

La recherche en  
entreprise

Exemple de projets de  
recherche

Organisation de la  
recherche

Financement de la  
recherche

Synthèse et  
évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Objectifs

Objectif triple :

- ▶ Démontrer l'efficacité de la méthode
- ▶ "Réaliser un système" : prototypage
- ▶ Permettre l'intégration et l'industrialisation de l'algorithme dans un second temps

Démontrer l'efficacité de la méthode → comparaison avec l'algorithme de Veneti ([?])

## Point de vigilance

Difficultés liées à l'implémentation arbitraire de l'algorithme de l'état de l'art !

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et  
réalisation d'un  
prototype

Communiquer sur  
son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas  
d'application

Outils de travail

La recherche en  
entreprise

Exemple de projets de  
recherche

Organisation de la  
recherche

Financement de la  
recherche

Synthèse et  
évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Démontrer l'efficacité de la méthode

## Démarche

1. Test de la méthode d'optimisation de l'itinéraire
2. Test de la méthode d'optimisation de la vitesse
3. Test de la méthode d'aide à la décision

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et  
réalisation d'un  
prototype

Communiquer sur  
son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas  
d'application

Outils de travail

La recherche en  
entreprise

Exemple de projets de  
recherche

Organisation de la  
recherche

Financement de la  
recherche

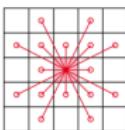
Synthèse et  
évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Démontrer l'efficacité de la méthode

## Protocole expérimental

- ▶ Données météo réelles (fichiers GRIB)
- ▶ Motif de voisinage des sommets : chaque sommet a 16 voisins



- ▶ Sommets de départ et d'arrivée = principaux ports mondiaux



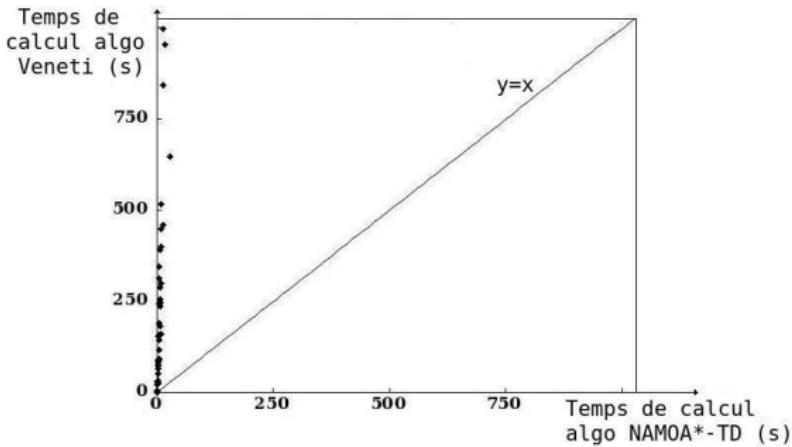
- ▶ Tests réalisés sur 52 instances représentatives des routes maritimes

# Démontrer l'efficacité de la méthode

## Résultats

Valeurs moyennes sur les 52 instances :

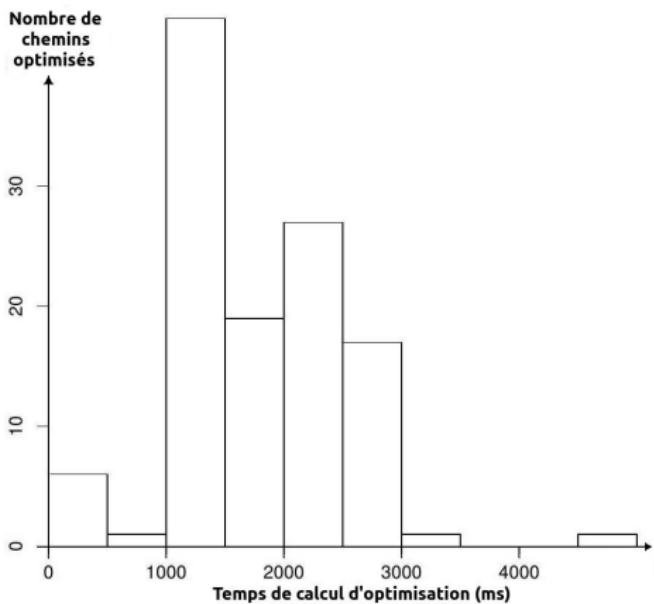
Algorithme	Durée totale (secondes)	Heuristique	Chemins explorés
Namoa*-TD	1,6	77,9%	3 264
Veneti	789,5	-	340 152



### Démontrer l'efficacité de la méthode

## Résultats sur un chemin

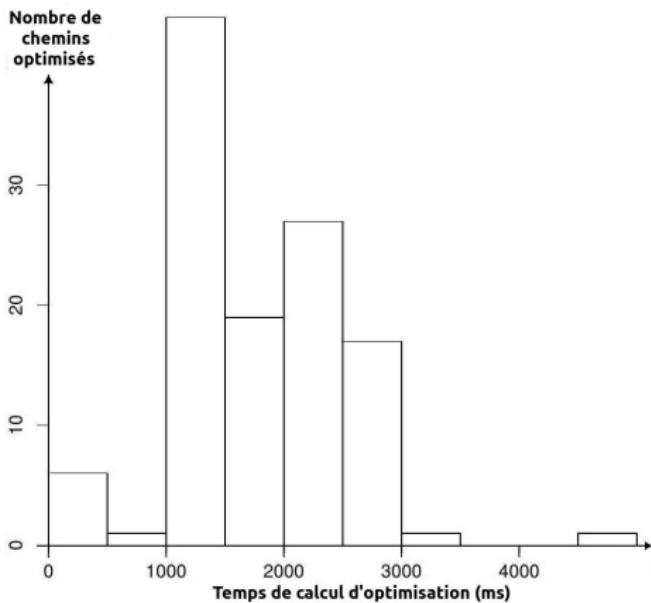
### Répartition des différents temps de calcul d'un chemin



# Démontrer l'efficacité de la méthode

## Résultats sur un chemin

Répartition des différents temps de calcul d'un chemin



**Temps moyen d'optimisation d'un chemin : 1,8 sec**

# Démontrer l'efficacité de la méthode

## Résultats sur une instance

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et  
réalisation d'un  
prototype

Communiquer sur  
son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas  
d'application

Outils de travail

La recherche en  
entreprise

Exemple de projets de  
recherche

Organisation de la  
recherche

Financement de la  
recherche

Synthèse et  
évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Démontrer l'efficacité de la méthode

## Synthèse

- ▶ Algorithme d'optimisation de l'itinéraire supérieur à celui de l'état de l'art sur ces données
- ▶ Algorithme d'optimisation de la vitesse satisfaisant
- ▶ Aide à la prise de décision intuitive et cohérente pour l'utilisateur

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et  
réalisation d'un  
prototype

Communiquer sur  
son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas  
d'application

Outils de travail

La recherche en  
entreprise

Exemple de projets de  
recherche

Organisation de la  
recherche

Financement de la  
recherche

Synthèse et  
évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Démontrer l'efficacité de la méthode

## Synthèse

Et si les résultats sont moins bons qu'attendu ?

- ▶ Penser à en parler aussi (voir section Communication)
- ▶ Cela arrive souvent, au début on tatonne

**Exemple :** Tentative de travaux communs avec une autre étudiante sur la topologie des graphes

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et  
réalisation d'un  
prototype

Communiquer sur  
son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas  
d'application

Outils de travail

La recherche en  
entreprise

Exemple de projets de  
recherche

Organisation de la  
recherche

Financement de la  
recherche

Synthèse et  
évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Prototypage

**Objectif** : avoir un objet permettant de démontrer l'intérêt des travaux effectués en terme :

- ▶ D'efficacité algorithmique compte-tenu de l'état de l'art
- ▶ De réponse aux contraintes industrielles fortes
- ▶ De valeur ajoutée pour l'entreprise
- ▶ D'utilisabilité de la méthode (appropriation par l'utilisateur)

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et  
réalisation d'un  
prototype

Communiquer sur  
son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas  
d'application

Outils de travail

La recherche en  
entreprise

Exemple de projets de  
recherche

Organisation de la  
recherche

Financement de la  
recherche

Synthèse et  
évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Prototypage

**Objectif** : avoir un objet permettant de démontrer l'intérêt des travaux effectués en terme :

- ▶ D'efficacité algorithmique compte-tenu de l'état de l'art
- ▶ De réponse aux contraintes industrielles fortes
- ▶ De valeur ajoutée pour l'entreprise
- ▶ D'utilisabilité de la méthode (appropriation par l'utilisateur)

## Point de vigilance

De nombreuses contraintes en découlent : choix du code, interface utilisateur...

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et  
réalisation d'un  
prototype

Communiquer sur  
son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas  
d'application

Outils de travail

La recherche en  
entreprise

Exemple de projets de  
recherche

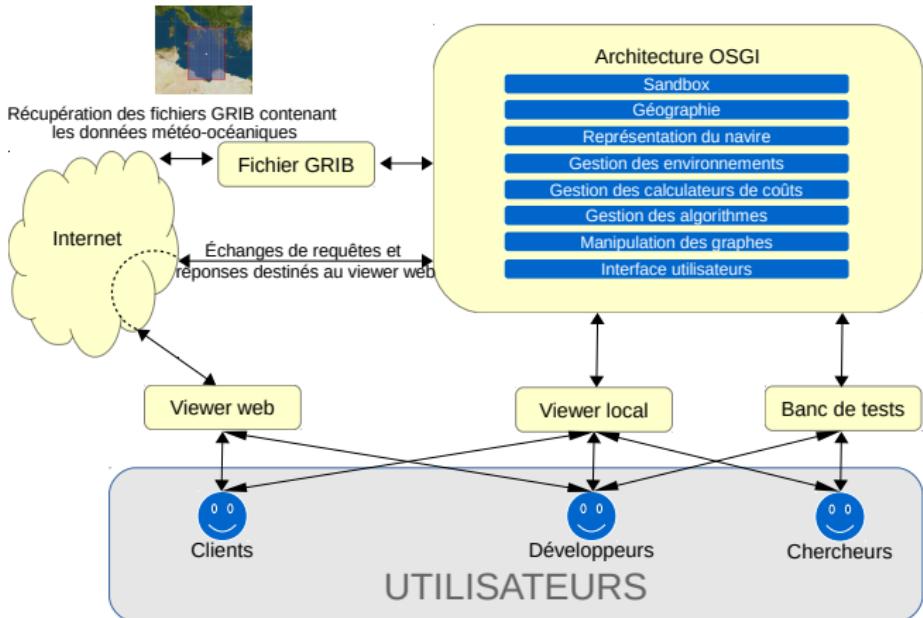
Organisation de la  
recherche

Financement de la  
recherche

Synthèse et  
évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Prototypage



# Prototypage

## Processus général

### Etat de l'art et conception algorithmique (Recherche)

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et  
réalisation d'un  
prototype

Communiquer sur  
son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas  
d'application

Outils de travail

La recherche en  
entreprise

Exemple de projets de  
recherche

Organisation de la  
recherche

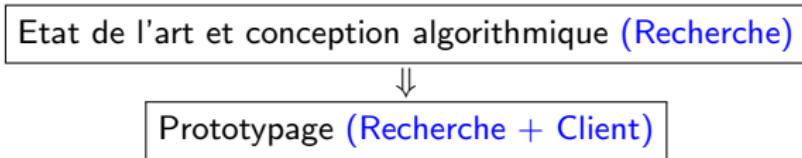
Financement de la  
recherche

Synthèse et  
évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Prototypage

## Processus général



Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et  
réalisation d'un  
prototype

Communiquer sur  
son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas  
d'application

Outils de travail

La recherche en  
entreprise

Exemple de projets de  
recherche

Organisation de la  
recherche

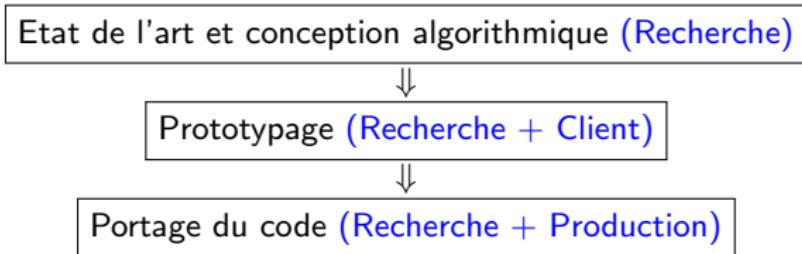
Financement de la  
recherche

Synthèse et  
évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Prototypage

## Processus général



Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et  
réalisation d'un  
prototype

Communiquer sur  
son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas  
d'application

Outils de travail

La recherche en  
entreprise

Exemple de projets de  
recherche

Organisation de la  
recherche

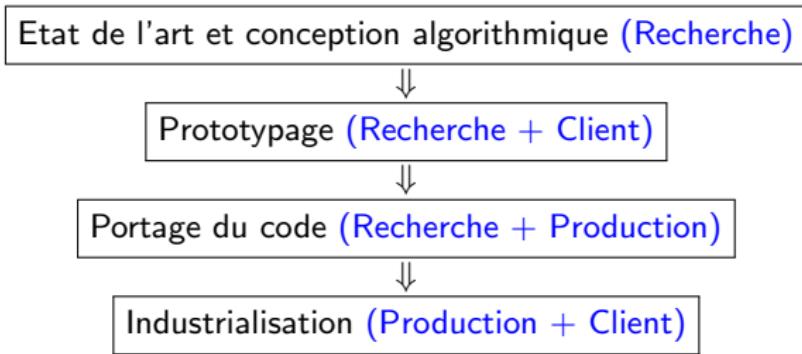
Financement de la  
recherche

Synthèse et  
évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Prototypage

## Processus général



Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et  
réalisation d'un  
prototype

Communiquer sur  
son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas  
d'application

Outils de travail

La recherche en  
entreprise

Exemple de projets de  
recherche

Organisation de la  
recherche

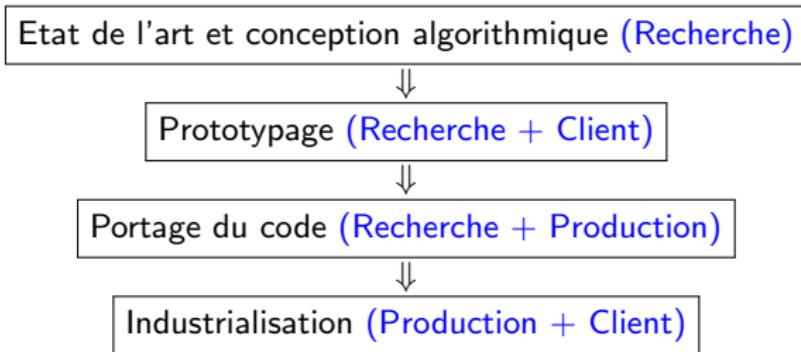
Financement de la  
recherche

Synthèse et  
évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Prototypage

## Processus général



## Point de vigilance 1

Chaque acteur doit rester dans son périmètre tout en s'interfaisant correctement avec les autres

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et  
réalisation d'un  
prototype

Communiquer sur  
son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas  
d'application

Outils de travail

La recherche en  
entreprise

Exemple de projets de  
recherche

Organisation de la  
recherche

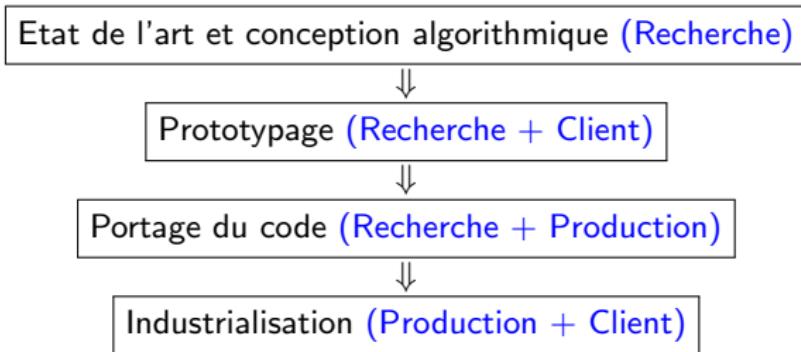
Financement de la  
recherche

Synthèse et  
évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Prototypage

## Processus général



### Point de vigilance 1

Chaque acteur doit rester dans son périmètre tout en s'interfaisant correctement avec les autres

### Point de vigilance 2

La frontière est minces entre les métiers de recherche et de développement

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et  
réalisation d'un  
prototype

Communiquer sur  
son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas  
d'application

Outils de travail

La recherche en  
entreprise

Exemple de projets de  
recherche

Organisation de la  
recherche

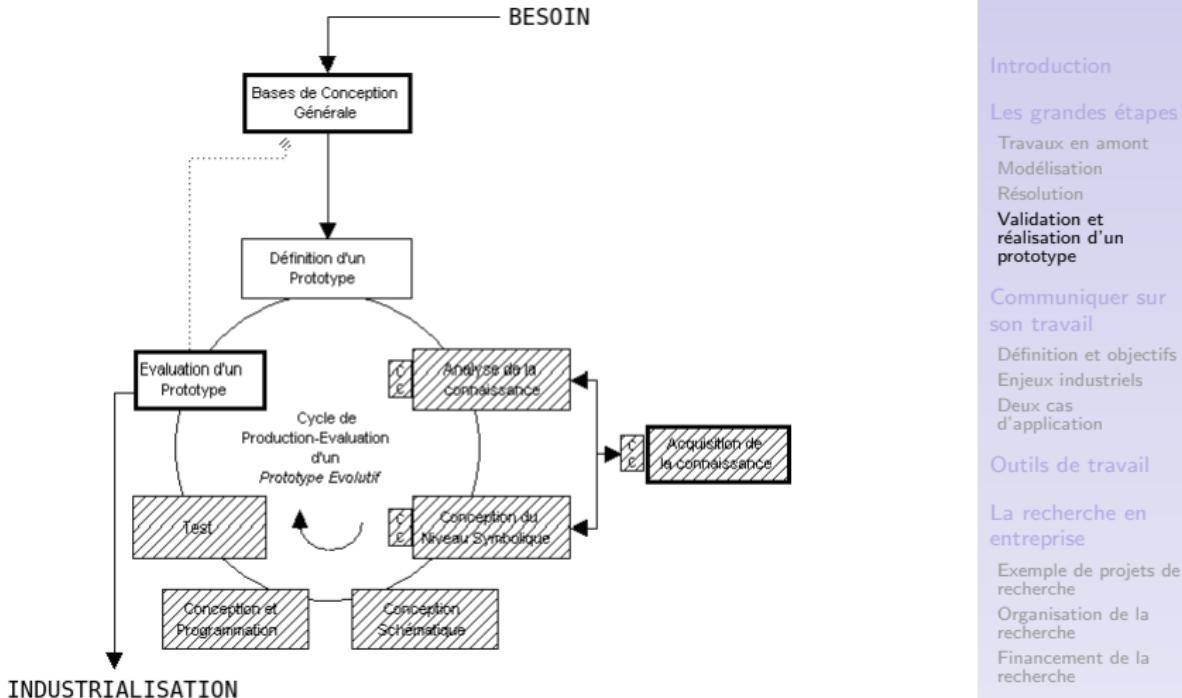
Financement de la  
recherche

Synthèse et  
évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Prototypage

## Synthèse



Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et  
réalisation d'un  
prototype

Communiquer sur  
son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas  
d'application

Outils de travail

La recherche en  
entreprise

Exemple de projets de  
recherche

Organisation de la  
recherche

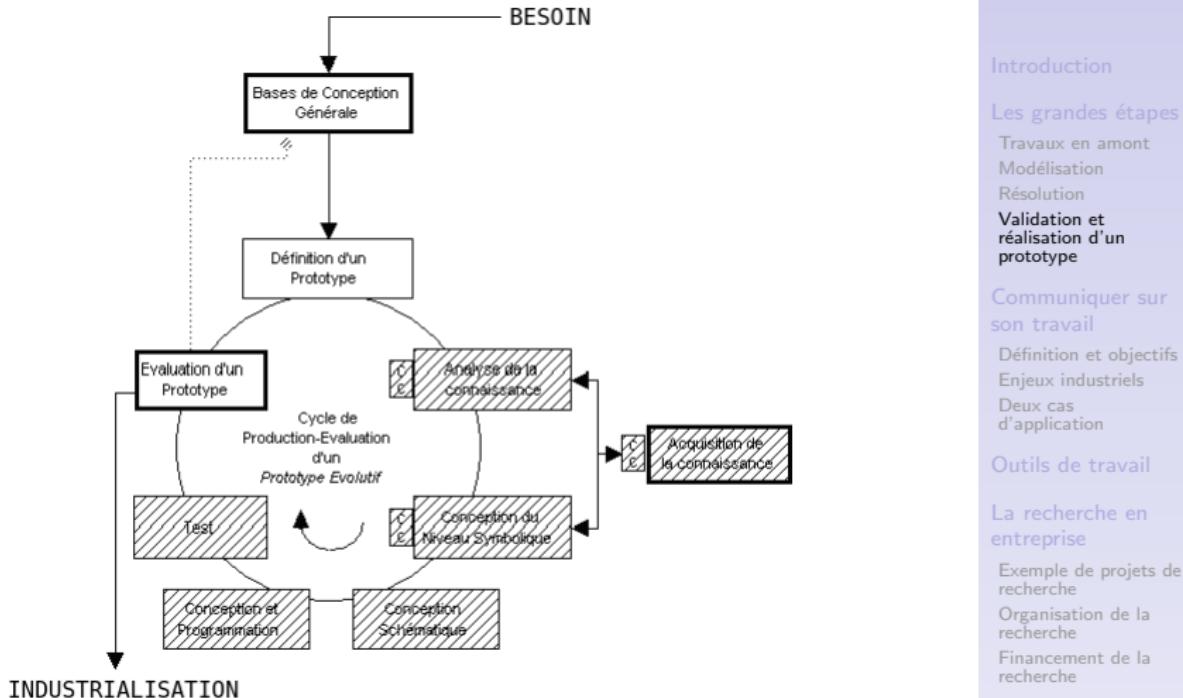
Financement de la  
recherche

Synthèse et  
évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Prototypage

## Synthèse



A l'issu du processus, un démonstration peut être faite en vue de la validation

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et  
réalisation d'un  
prototype

Communiquer sur  
son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas  
d'application

Outils de travail

La recherche en  
entreprise

Exemple de projets de  
recherche

Organisation de la  
recherche

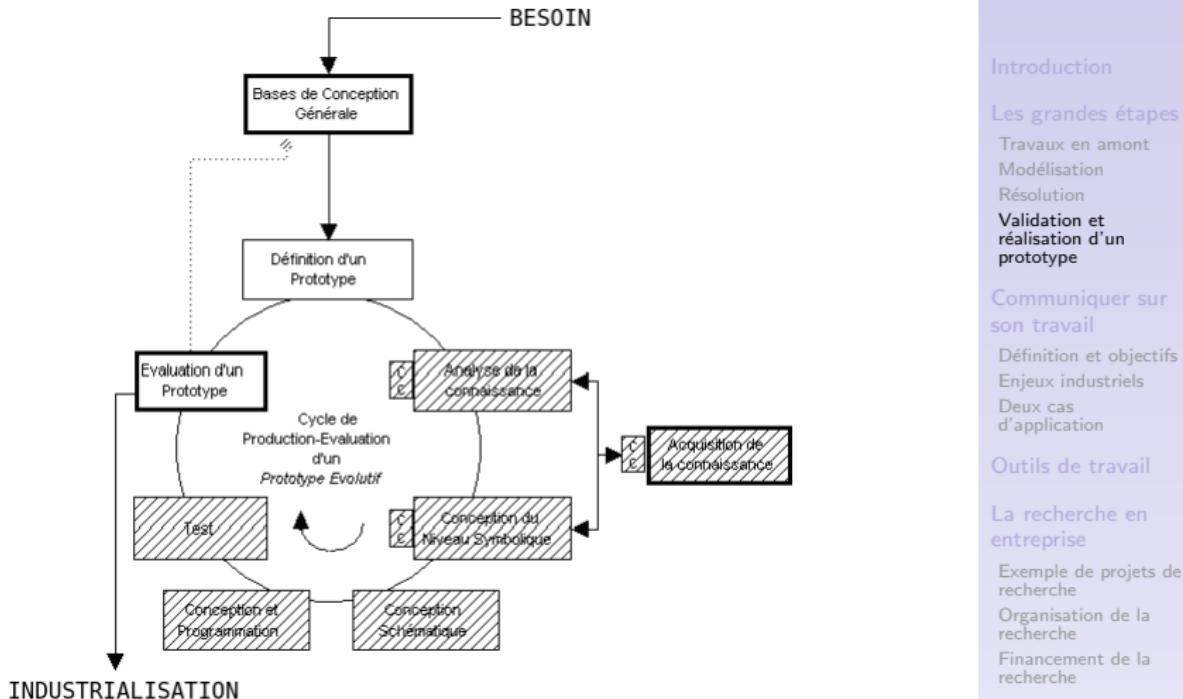
Financement de la  
recherche

Synthèse et  
évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Prototypage

## Synthèse



A l'issu du processus, un démonstration peut être faite en vue de la validation ⇒ Et alors cette démonstration ?

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et  
réalisation d'un  
prototype

Communiquer sur  
son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas  
d'application

Outils de travail

La recherche en  
entreprise

Exemple de projets de  
recherche

Organisation de la  
recherche

Financement de la  
recherche

Synthèse et  
évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

## Introduction

## Les grandes étapes d'un projet de recherche industriel

## Communiquer sur son travail

### Définition et objectifs

### Enjeux industriels

### Deux cas d'application

## Outils de travail

## La recherche en entreprise

## Synthèse et évaluation du l'UE

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et  
réalisation d'un  
prototype

Communiquer sur  
son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas  
d'application

Outils de travail

La recherche en  
entreprise

Exemple de projets de  
recherche

Organisation de la  
recherche

Financement de la  
recherche

Synthèse et  
évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Aperçu des questions traitées

- ▶ Rôle de la dissémination scientifique ?
- ▶ Moyens de communications ?
- ▶ Interêts pour les auteurs ?
- ▶ Enjeux de la communication dans l'industrie ?
- ▶ Démonstration de Matsya

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

## Introduction

### Les grandes étapes d'un projet de recherche industriel

## Communiquer sur son travail

### Définition et objectifs

### Enjeux industriels

### Deux cas d'application

## Outils de travail

## La recherche en entreprise

## Synthèse et évaluation du l'UE

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et  
réalisation d'un  
prototype

Communiquer sur  
son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas  
d'application

Outils de travail

La recherche en  
entreprise

Exemple de projets de  
recherche

Organisation de la  
recherche

Financement de la  
recherche

Synthèse et  
évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Définition

C'est l'objet de diffuser les théorie et les résultats de la recherche scientifique.

Quelques caractéristiques :

- ▶ Recherche scientifique fondamentale/appliquée (industrielle)
- ▶ Public visé : chercheurs, grands publics, industriels...
- ▶ Des règles de formalisation suivant le public
- ▶ Ecrite ou orale

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont  
Modélisation  
Résolution  
Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs  
Enjeux industriels  
Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche  
Organisation de la recherche  
Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Objectifs et rôle

- ▶ Savoir scientifique en constante évolution
- ▶ Parfois, des vérités émises finissent par être infirmées !
- ▶ Communiquer sur son travail permet aux autres de faire leur état de l'art !

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Les moyens

- ▶ Journaux scientifiques
- ▶ Conférences
- ▶ Ouvrage
- ▶ Posters
- ▶ etc.

Point de vigilance

Validation par les pairs !

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

## Introduction

### Les grandes étapes d'un projet de recherche industriel

## Communiquer sur son travail

### Définition et objectifs

### Enjeux industriels

### Deux cas d'application

## Outils de travail

## La recherche en entreprise

## Synthèse et évaluation du l'UE

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Intérêt pour les auteurs

- ▶ Insérer son travail dans un domaine scientifique donné
- ▶ Formaliser son travail (état de l'art, théories développées, analyse des résultats etc.)
- ▶ Avoir des retours sur ses travaux, voir des idées
- ▶ Donner de la visibilité à ses travaux et ses questionnements !

## Conseil à suivre

De manière générale, multiplier la variété de types de relecteur.

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Les enjeux dans l'industrie

Raisonnement en milieu industriel

- ▶ **Choix du support de communication** : bien connaître les réseaux et circuits de communication dans son domaine
- ▶ **Objectifs industriels** : montrer ses travaux de recherche, définir ses problématiques, appliquer des travaux théoriques à ses problématiques industrielles
- ▶ Prise en compte de la confidentialité, du droit d'auteur et de la propriété intellectuelle

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

## Introduction

## Les grandes étapes d'un projet de recherche industriel

### Communiquer sur son travail

#### Définition et objectifs

#### Enjeux industriels

#### Deux cas d'application

## Outils de travail

## La recherche en entreprise

## Synthèse et évaluation du l'UE

# Deux exemples

1. Démonstration de Matsya, le logiciel de routage maritime
2. Poster de présentation des activités Naval Group

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et  
réalisation d'un  
prototype

Communiquer sur  
son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas  
d'application

Outils de travail

La recherche en  
entreprise

Exemple de projets de  
recherche

Organisation de la  
recherche

Financement de la  
recherche

Synthèse et  
évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Matsya

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et

réalisation d'un

prototype

Communiquer sur  
son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas  
d'application

Outils de travail

La recherche en  
entreprise

Exemple de projets de  
recherche

Organisation de la  
recherche

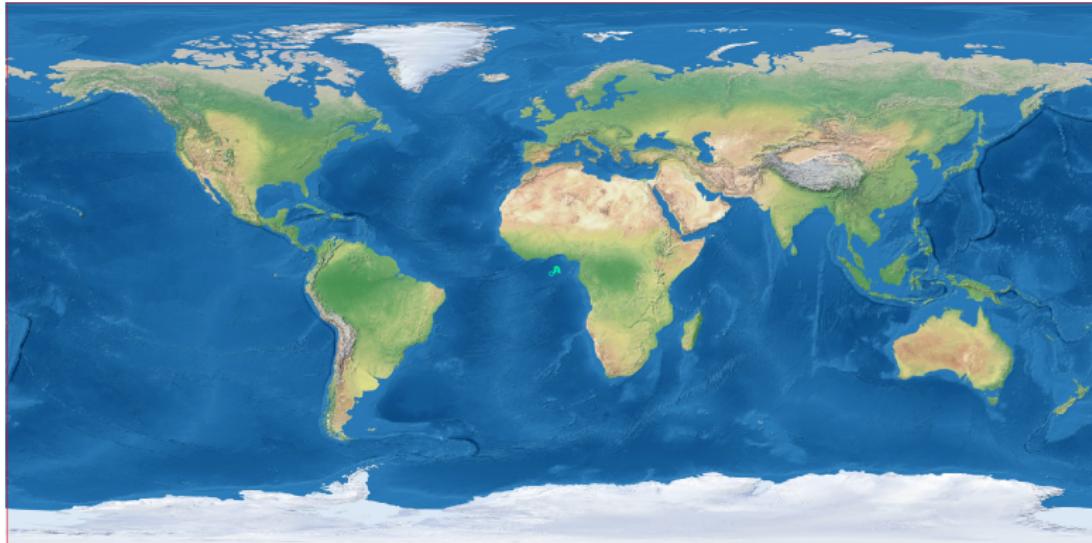
Financement de la  
recherche

Synthèse et  
évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation



# Matsya



Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

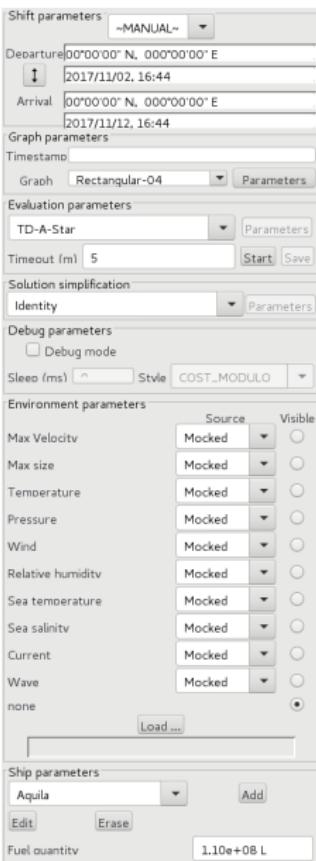
Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Matsya



## Raisonnement en milieu industriel

## Travaux en amont

## Modélisation

## Résolution

Validation et  
réalisation d'un  
prototype

## Définition et objectifs

## Enjeux industriels

## Deux cas d'application

## Exemple de projets de recherche

## Organisation de la recherche

## Financement de la recherche

## Synthèse et évaluation d'

## Synthèse Évaluation

# Matsya

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et

réalisation d'un

prototype

Communiquer sur  
son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

**Deux cas  
d'application**

Outils de travail

La recherche en  
entreprise

Exemple de projets de  
recherche

Organisation de la  
recherche

Financement de la  
recherche

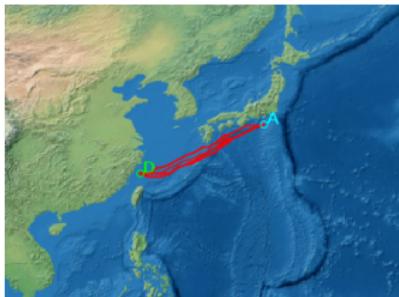
Synthèse et  
évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation



# Démonstration de Matsya

Raisonnement en milieu industriel



**FIGURE :** Un ensemble de chemins pareto-optimaux identifiés par NAMOA\*-TD.

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Démonstration de Matsya

Raisonnement en milieu industriel

Color	Algo	Ship	Distance (nmi)	Duration (d:h:m)	Speed (kn)	Consumption (kt)	Eval (s)
green	MOTD-Dijkstra/Rectang...	Aquila	2996.95	8.04:00	15.22	1.85	0.47
light green	MOTD-Dijkstra/Rectang...	Aquila	2970.68	8.03:00	15.22	1.86	0.47
yellow	MOTD-Dijkstra/Rectang...	Aquila	2964.05	8.02:00	15.21	1.86	0.47
orange	MOTD-Dijkstra/Rectang...	Aquila	2905.55	7.22:00	15.27	1.88	0.47
pink	MOTD-Dijkstra/Rectang...	Aquila	2869.38	7.20:00	15.26	1.89	0.47
magenta	MOTD-Dijkstra/Rectang...	Aquila	2862.75	7.19:00	15.25	1.90	0.47
purple	MOTD-Dijkstra/Rectang...	Aquila	2824.41	7.17:00	15.25	1.93	0.47
dark blue	MOTD-Dijkstra/Rectang...	Aquila	2817.26	7.16:00	15.27	2.01	0.47

FIGURE : Affichage détaillé des résultats.

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Démonstration de Matsya



FIGURE : Plus court chemin dans un graphe de type 4-arc.

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Démonstration de Matsya



FIGURE : Plus court chemin dans un graphe de type 16-arc.

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et  
réalisation d'un  
prototype

Communiquer sur  
son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas  
d'application

Outils de travail

La recherche en  
entreprise

Exemple de projets de  
recherche

Organisation de la  
recherche

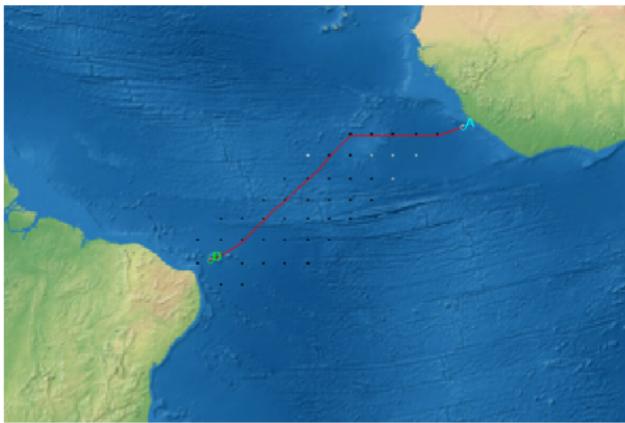
Financement de la  
recherche

Synthèse et  
évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Démonstration de Matsya

Raisonnement en milieu industriel



**FIGURE :** Nœuds explorés par l'algorithme de plus court chemin NAMOA\*-TD.

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et  
réalisation d'un  
prototype

Communiquer sur  
son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

**Deux cas  
d'application**

Outils de travail

La recherche en  
entreprise

Exemple de projets de  
recherche

Organisation de la  
recherche

Financement de la  
recherche

Synthèse et  
évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Démonstration de Matsya

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et  
réalisation d'un  
prototype

Communiquer sur  
son travail

Définition et objectifs  
Enjeux industriels

Deux cas  
d'application

Outils de travail

La recherche en  
entreprise

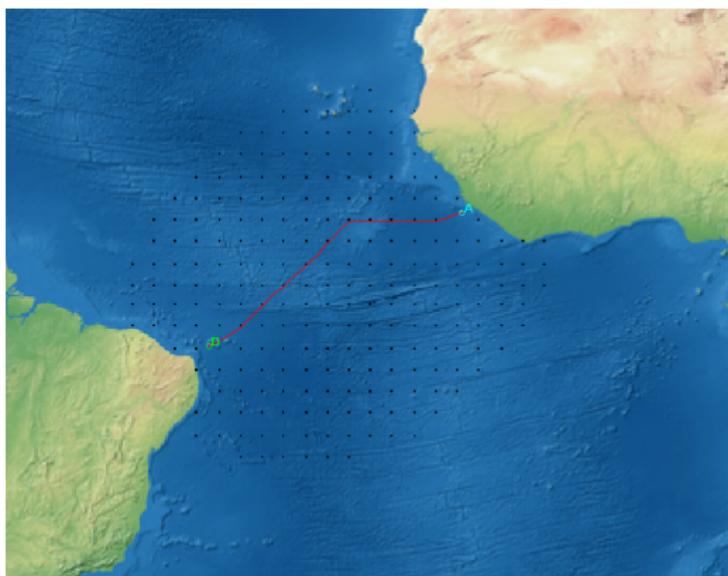
Exemple de projets de  
recherche

Organisation de la  
recherche

Financement de la  
recherche

Synthèse et  
évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation



**FIGURE :** Nœuds explorés par l'algorithme de plus court chemin de Veneti.

# Poster Naval Group

**Contexte :** École d'automne : IA appliquée à la robotique

**Objectifs :** Identifier des travaux pertinents, des idées, d'éventuelles collaborations

**Moyens :** Présenter les travaux de recherche et les sujets d'intérêt via un poster

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

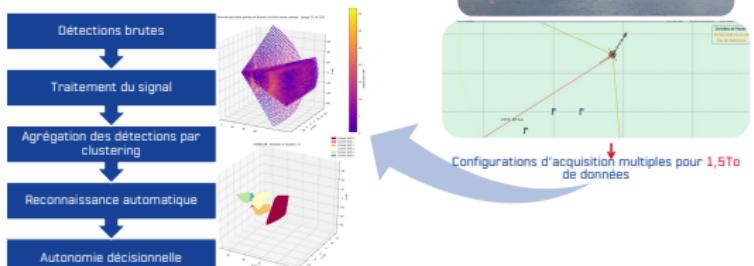
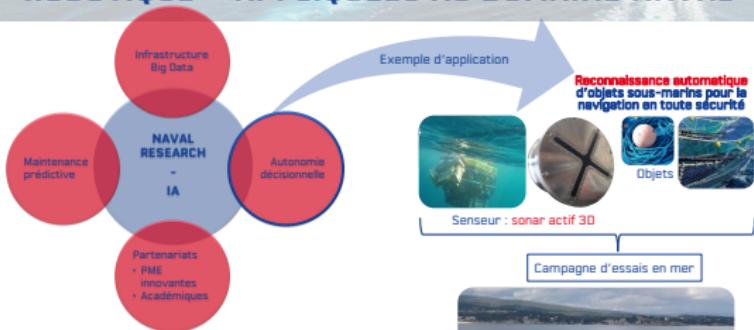
Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# PRÉSENTATION DES ACTIVITÉS « IA POUR LA ROBOTIQUE » APPLIQUÉES AU DOMAIN NAVAL



## Introduction

Introduction

## Les grandes étapes d'un projet de recherche industriel

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et

réalisation d'un

prototype

## Communiquer sur son travail

Communiquer sur  
son travail

## Outils de travail

Définition et objectifs  
Enjeux industriels  
Deux cas  
d'application

## La recherche en entreprise

La recherche en  
entreprise

Exemple de projets de  
recherche

Organisation de la  
recherche

Financement de la  
recherche

## Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse et  
évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Aperçu des questions traitées

1. Gestionnaire bibliographique
2. Poste informatique
3. Moyens de calcul
4. Langage de développement

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation



# Gestionnaire bibliographique

Logiciel destiné à établir, trier et utiliser des listes de références bibliographiques

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation



# Gestionnaire bibliographique

Logiciel destiné à établir, trier et utiliser des listes de références bibliographiques

- ▶ [fr.wikipedia.org/wiki/Logiciel\\_de\\_gestion\\_bibliographique](http://fr.wikipedia.org/wiki/Logiciel_de_gestion_bibliographique)
- ▶ Les plus connus : Zotero et Jabref (gratuits)
- ▶ Compatibilité .tex
- ▶ Type d'OS

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation



# Gestionnaire bibliographique

Logiciel destiné à établir, trier et utiliser des listes de références bibliographiques

- ▶ [fr.wikipedia.org/wiki/Logiciel\\_de\\_gestion\\_bibliographique](http://fr.wikipedia.org/wiki/Logiciel_de_gestion_bibliographique)
- ▶ Les plus connus : Zotero et Jabref (gratuits)
- ▶ Compatibilité .tex
- ▶ Type d'OS

## Point de vigilance

Outil à ne pas négliger quelques soient les travaux de recherche.

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Matériel informatique

1. Système d'exploitation
2. Outils pré-installés
3. Moyens de calcul
4. Contraintes parfois forte : type d'OS, installation de nouveaux logiciels...

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Matériel informatique

1. Système d'exploitation
2. Outils pré-installés
3. Moyens de calcul
4. Contraintes parfois forte : type d'OS, installation de nouveaux logiciels...

## Point de vigilance

Propriété intellectuelle dans le logiciel !

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Matériel informatique

## Process de choix d'un nouvel outil

### Identification du besoin

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

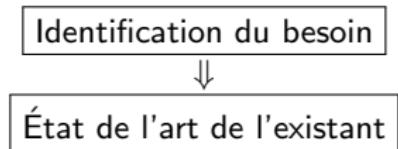
Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Matériel informatique

## Process de choix d'un nouvel outil



Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

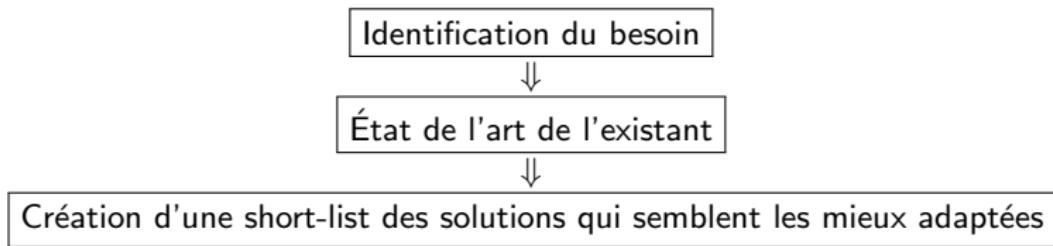
Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Matériel informatique

## Process de choix d'un nouvel outil

Raisonnement en milieu industriel



Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et  
réalisation d'un  
prototype

Communiquer sur  
son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas  
d'application

Outils de travail

La recherche en  
entreprise

Exemple de projets de  
recherche

Organisation de la  
recherche

Financement de la  
recherche

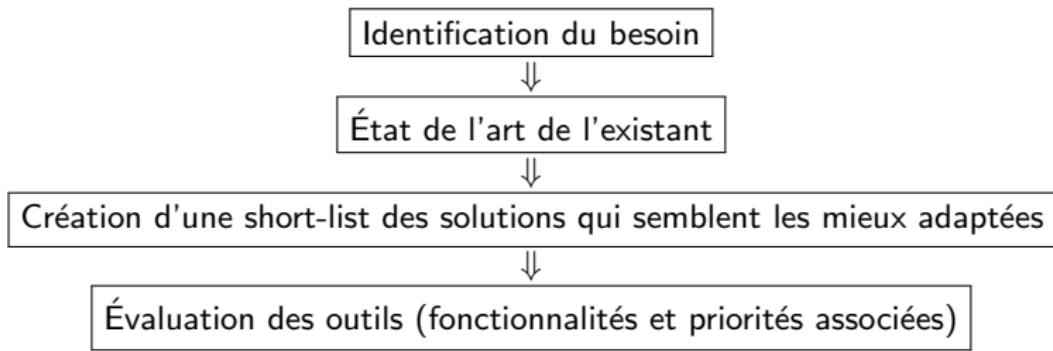
Synthèse et  
évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Matériel informatique

## Process de choix d'un nouvel outil

Raisonnement en milieu industriel



Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

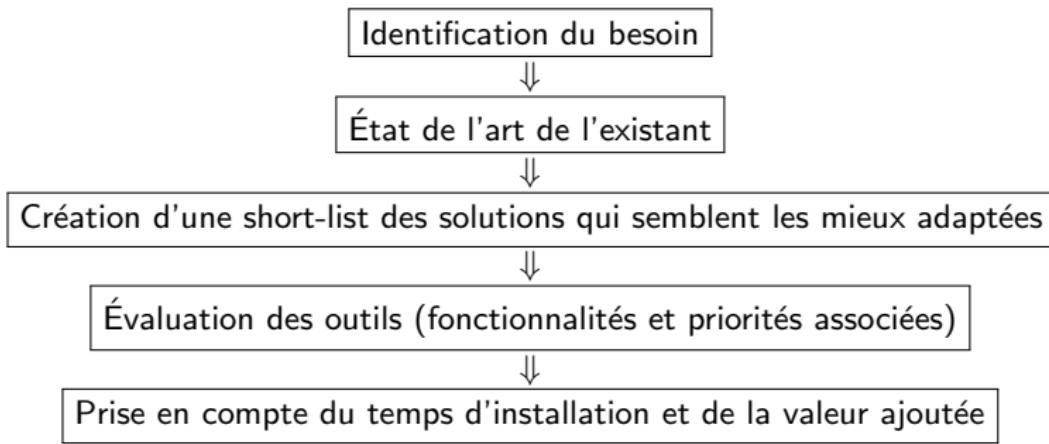
Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

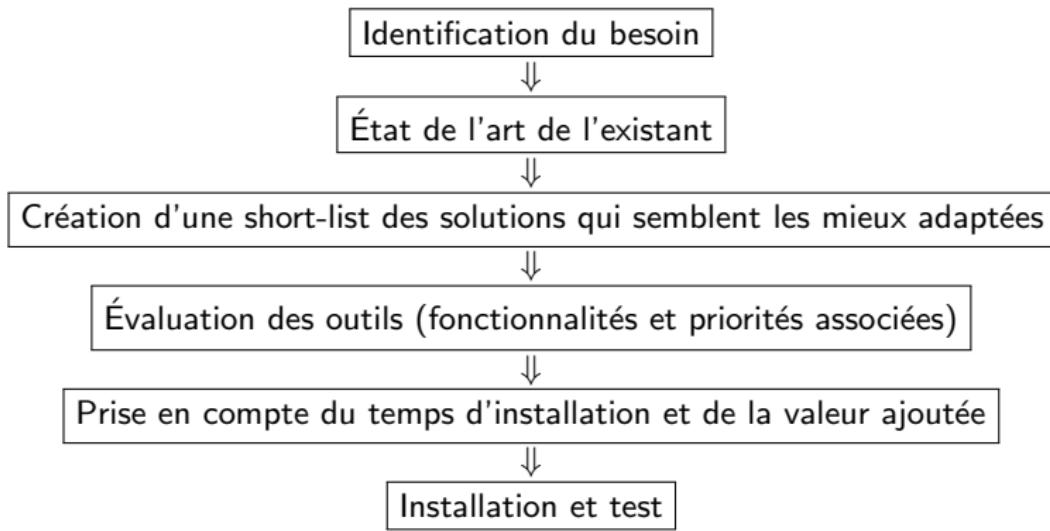
## Matériel informatique

## Process de choix d'un nouvel outil



## Matériel informatique

## Process de choix d'un nouvel outil



# Matériel informatique

## Choix du langage

**Fonctionnalité** : Pour les besoins du projet de recherche ?

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et

réalisation d'un

prototype

Communiquer sur  
son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas

d'application

Outils de travail

La recherche en  
entreprise

Exemple de projets de  
recherche

Organisation de la  
recherche

Financement de la  
recherche

Synthèse et  
évaluation du l'UE

Synthèse

Évaluation

# Matériel informatique

## Choix du langage

**Fonctionnalité** : Pour les besoins du projet de recherche ?

**Compatibilité** : Le langage peut-il être intégré à la plate-forme existante ?

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation



# Matériel informatique

## Choix du langage

**Fonctionnalité** : Pour les besoins du projet de recherche ?

**Compatibilité** : Le langage peut-il être intégré à la plate-forme existante ?

**Performance** : Efficacité de calcul ? Langage optimisé ? Proche de la machine ou plutôt haut niveau ?

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Matériel informatique

## Choix du langage

**Fonctionnalité** : Pour les besoins du projet de recherche ?

**Compatibilité** : Le langage peut-il être intégré à la plate-forme existante ?

**Performance** : Efficacité de calcul ? Langage optimisé ? Proche de la machine ou plutôt haut niveau ?

**Productivité** : Rapidité d'installation et de prise en main ?

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Matériel informatique

## Choix du langage

**Fonctionnalité** : Pour les besoins du projet de recherche ?

**Compatibilité** : Le langage peut-il être intégré à la plate-forme existante ?

**Performance** : Efficacité de calcul ? Langage optimisé ? Proche de la machine ou plutôt haut niveau ?

**Productivité** : Rapidité d'installation et de prise en main ?

**Utilisation en entreprise** : Suivant la politique de l'entreprise

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Matériel informatique

## Choix du langage

**Fonctionnalité** : Pour les besoins du projet de recherche ?

**Compatibilité** : Le langage peut-il être intégré à la plate-forme existante ?

**Performance** : Efficacité de calcul ? Langage optimisé ? Proche de la machine ou plutôt haut niveau ?

**Productivité** : Rapidité d'installation et de prise en main ?

**Utilisation en entreprise** : Suivant la politique de l'entreprise

**OS visé** : Langage supporté par l'OS ?

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Matériel informatique

## Choix du langage

**Fonctionnalité** : Pour les besoins du projet de recherche ?

**Compatibilité** : Le langage peut-il être intégré à la plate-forme existante ?

**Performance** : Efficacité de calcul ? Langage optimisé ? Proche de la machine ou plutôt haut niveau ?

**Productivité** : Rapidité d'installation et de prise en main ?

**Utilisation en entreprise** : Suivant la politique de l'entreprise

**OS visé** : Langage supporté par l'OS ?

**Support** : La communauté assure-t-elle un support efficace du langage ? Qualité de la documentation ?

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Matériel informatique

## Choix du langage

**Fonctionnalité** : Pour les besoins du projet de recherche ?

**Compatibilité** : Le langage peut-il être intégré à la plate-forme existante ?

**Performance** : Efficacité de calcul ? Langage optimisé ? Proche de la machine ou plutôt haut niveau ?

**Productivité** : Rapidité d'installation et de prise en main ?

**Utilisation en entreprise** : Suivant la politique de l'entreprise

**OS visé** : Langage supporté par l'OS ?

**Support** : La communauté assure-t-elle un support efficace du langage ? Qualité de la documentation ?

**Communauté scientifique** : Langage utilisé par la communauté scientifique du domaine ? (articles, expérimentations...)

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Matériel informatique

## Choix du langage

**Fonctionnalité** : Pour les besoins du projet de recherche ?

**Compatibilité** : Le langage peut-il être intégré à la plate-forme existante ?

**Performance** : Efficacité de calcul ? Langage optimisé ? Proche de la machine ou plutôt haut niveau ?

**Productivité** : Rapidité d'installation et de prise en main ?

**Utilisation en entreprise** : Suivant la politique de l'entreprise

**OS visé** : Langage supporté par l'OS ?

**Support** : La communauté assure-t-elle un support efficace du langage ? Qualité de la documentation ?

**Communauté scientifique** : Langage utilisé par la communauté scientifique du domaine ? (articles, expérimentations...)

**Portabilité du programme** : Partage entre pairs.

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Matériel informatique

## Choix du langage

**Fonctionnalité** : Pour les besoins du projet de recherche ?

**Compatibilité** : Le langage peut-il être intégré à la plate-forme existante ?

**Performance** : Efficacité de calcul ? Langage optimisé ? Proche de la machine ou plutôt haut niveau ?

**Productivité** : Rapidité d'installation et de prise en main ?

**Utilisation en entreprise** : Suivant la politique de l'entreprise

**OS visé** : Langage supporté par l'OS ?

**Support** : La communauté assure-t-elle un support efficace du langage ? Qualité de la documentation ?

**Communauté scientifique** : Langage utilisé par la communauté scientifique du domaine ? (articles, expérimentations...)

**Portabilité du programme** : Partage entre pairs.

**Maintenabilité, extensibilité, flexibilité** : Le langage est-il orienté objet ?

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

## Introduction

Introduction

## Les grandes étapes d'un projet de recherche industriel

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et  
réalisation d'un  
prototype

## Communiquer sur son travail

Communiquer sur  
son travail

## Outils de travail

Définition et objectifs  
Enjeux industriels  
Deux cas  
d'application

## La recherche en entreprise

Outils de travail

### Exemple de projets de recherche

La recherche en  
entreprise

Exemple de projets de  
recherche

Organisation de la  
recherche

Financement de la  
recherche

### Organisation de la recherche

### Financement de la recherche

## Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse et  
évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Aperçu des sujets traités

**Objectifs** : mieux comprendre ce qu'est la recherche en entreprise, ainsi que les problématiques fortes, en se basant sur des exemples.

Thématisques abordées :

- ▶ Quelques exemples de projets de recherche dans l'industrie
- ▶ L'organisation de la recherche
- ▶ Le financement de la recherche

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

## Introduction

### Les grandes étapes d'un projet de recherche industriel

### Communiquer sur son travail

### Outils de travail

## La recherche en entreprise

### Exemple de projets de recherche

### Organisation de la recherche

### Financement de la recherche

## Synthèse et évaluation du l'UE

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et  
réalisation d'un  
prototype

Communiquer sur  
son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas  
d'application

Outils de travail

La recherche en  
entreprise

Exemple de projets de  
recherche

Organisation de la  
recherche

Financement de la  
recherche

Synthèse et  
évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

## Introduction

### Les grandes étapes d'un projet de recherche industriel

### Communiquer sur son travail

### Outils de travail

## La recherche en entreprise

### Exemple de projets de recherche

### Organisation de la recherche

### Financement de la recherche

## Synthèse et évaluation du l'UE



# Organisation de la recherche

Au travers des équipes de recherche et des équipes de production.



**FIGURE :** Source : Naval Group

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

## Introduction

### Les grandes étapes d'un projet de recherche industriel

## Communiquer sur son travail

## Outils de travail

### La recherche en entreprise

#### Exemple de projets de recherche

#### Organisation de la recherche

#### Financement de la recherche

## Synthèse et évaluation du l'UE

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et  
réalisation d'un  
prototype

Communiquer sur  
son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas  
d'application

Outils de travail

La recherche en  
entreprise

Exemple de projets de  
recherche

Organisation de la  
recherche

Financement de la  
recherche

Synthèse et  
évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Financement de la recherche

- ▶ L'auto-financement
- ▶ Le financement par projets
- ▶ Les contrats CIFRE (voir site internet)
- ▶ Les projets H2020
- ▶ Les partenariats avec d'autres entités de recherche
- ▶ CIR
- ▶ Financement de la région
- ▶ etc.

## Répartition

Dépendante de la politique de l'entreprise

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et  
réalisation d'un  
prototype

Communiquer sur  
son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas  
d'application

Outils de travail

La recherche en  
entreprise

Exemple de projets de  
recherche

Organisation de la  
recherche

Financement de la  
recherche

Synthèse et  
évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

## Introduction

Introduction

## Les grandes étapes d'un projet de recherche industriel

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et  
réalisation d'un  
prototype

## Communiquer sur son travail

Communiquer sur  
son travail

## Outils de travail

Définition et objectifs  
Enjeux industriels  
Deux cas  
d'application

## La recherche en entreprise

Outils de travail

## Synthèse et évaluation du l'UE

La recherche en  
entreprise

Exemple de projets de  
recherche

Organisation de la  
recherche

Financement de la  
recherche

### Synthèse Évaluation

Synthèse et  
évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

## Introduction

## Les grandes étapes d'un projet de recherche industriel

## Communiquer sur son travail

## Outils de travail

## La recherche en entreprise

## Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

### Introduction

### Les grandes étapes

- Travaux en amont
- Modélisation
- Résolution
- Validation et réalisation d'un prototype

### Communiquer sur son travail

- Définition et objectifs
- Enjeux industriels
- Deux cas d'application

### Outils de travail

### La recherche en entreprise

- Exemple de projets de recherche
- Organisation de la recherche
- Financement de la recherche

### Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Synthèse

## Rappel des objectifs du cours

Comprendre les tenants et les aboutissants de la recherche en milieu industriel :

- ▶ Les contraintes
- ▶ Les problématiques soulevées
- ▶ Comment y faire face ?
- ▶ Les différences avec les milieux académiques

Et tout cela avec des exemples concrets !

# Synthèse

## Les grandes étapes d'un projet industriel

Les travaux essentiels en amont :

- ▶ Spécifier le besoin avec le client
- ▶ Spécifier les ressources pour le satisfaire (temps, budget, ressources matérielles, ressources humaines...)
- ▶ Gérer la donnée d'entrée : est-elle disponible dès le début du projet ? Le sera-t-elle ? Quand ?...
- ▶ Spécifier des livrables
- ▶ Planifier le travail et l'utilisation des ressources dans le temps

## Spécification du besoin

- ▶ Bien comprendre ce dont le client a besoin
- ▶ Et pourquoi ? (compréhension des raisons profondes)
- ▶ L'aider à définir ce besoin en fonction de ce que l'on sait faire
- ▶ Puis réalisation d'un état de l'existant afin d'identifier les verrous scientifiques, techniques et technologiques
- ▶ Permet de monter des dossiers de financement en justifiant le besoin et les limites de l'état de l'art

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et  
réalisation d'un  
prototype

Communiquer sur  
son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas  
d'application

Outils de travail

La recherche en  
entreprise

Exemple de projets de  
recherche

Organisation de la  
recherche

Financement de la  
recherche

Synthèse et  
évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Synthèse

## Les grandes étapes d'un projet industriel

### La modélisation du problème :

- ▶ Structuration des données d'entrée
- ▶ Définition de l'espace des solutions dans cette structure

### Quelques questions soulevées

- ▶ Modèle discret ou continu ?
- ▶ Représentation de tous les aspects du problème ou simplification ?
- ▶ Complexité du modèle ?
- ▶ Complexité de l'identification des solutions ?
- ▶ Identification des propriétés fortes du modèle et des données

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Synthèse

## Les grandes étapes d'un projet industriel

### La résolution :

1. Réalisation de l'état de l'art (bibliographie → synthèse des informations → rédaction)
2. Choix d'un ou plusieurs algorithmes (étape essentielle)
3. Quelles sont ses limites ?
4. Approche systématique vs recherche locale/approximation
5. Prise en compte des contraintes industrielles
6. Simplification éventuelle du problème
7. Aide à la prise de décision (sélection de solutions pertinentes)

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Synthèse

## Les grandes étapes d'un projet industriel

Validation et réalisation d'un prototype :

- ▶ Démontrer l'efficacité de la méthode
- ▶ "Réaliser un système" : prototypage
- ▶ Permettre l'intégration et l'industrialisation de l'algorithme dans un second temps

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

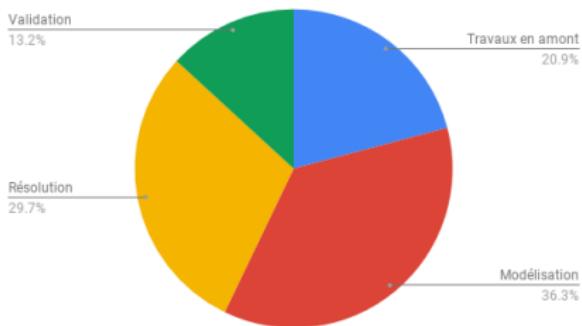
Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Synthèse

## Les grandes étapes d'un projet industriel

### Répartition des temps de travail :



## Points de vigilance

- ▶ Durée de développement
- ▶ Dans l'industrie, les contraintes sont nombreuses, un conseil : faire au plus simple
- ▶ Méfiance sur la part de validation et d'implémentation, et sur les engagements (livrable etc.)

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Synthèse

## Communiquer sur son travail

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Synthèse

## Outils de travail

- ▶ Gestionnaire bibliographique
- ▶ Outils liés au poste informatique
- ▶ Moyens de calcul
- ▶ Langage de développement

## Points de vigilance

- ▶ Outil parfois imposés
- ▶ Sinon, processus de choix de l'outil adapté
- ▶ Autre élément à prendre en compte : outils utilisés par son équipe !

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Synthèse

## La recherche en entreprise

- ▶ Différents types de problèmes de recherche dans l'industrie
- ▶ Organisation de la recherche
- ▶ Financement de la recherche

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et

réalisation d'un

prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Synthèse

## Quelques points de vigilance

- ▶ Phase amont de compréhension du besoin : fastidieuse mais primordiale
- ▶ Gestion de la donnée : la prendre en compte au plus vite !
- ▶ Prendre en compte les contraintes fortes liées au milieu industriel
- ▶ Point de vigilance : la recherche doit rester de la recherche (CIFRE etc.)

## À retenir

Finalement, un projet de recherche en milieu industriel et un projet de recherche en milieu académiques possèdent des contraintes très différentes et ne doivent pas être abordés de la même manière

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

## Introduction

## Les grandes étapes d'un projet de recherche industriel

## Communiquer sur son travail

## Outils de travail

## La recherche en entreprise

## Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

### Introduction

### Les grandes étapes

Travaux en amont  
Modélisation  
Résolution  
Validation et  
réalisation d'un  
prototype

### Communiquer sur son travail

Définition et objectifs  
Enjeux industriels  
Deux cas  
d'application

### Outils de travail

### La recherche en entreprise

Exemple de projets de  
recherche  
Organisation de la  
recherche  
Financement de la  
recherche

### Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Évaluation de l'UE

Raisonnement en milieu industriel

- ▶ Reprise du sujet de thèse présenté
- ▶ Réponse à une problématique restée en suspens

Le sujet porte sur l' **optimisation des routes** pour le trafic maritime. Il s'agira de développer un **outil d'aide à la décision** pour déterminer les routes optimales des navires en fonction de contraintes et suivant des critères d'optimisation. Le sujet de cette étude portera sur plusieurs axes :

- ▶ Un premier point concernera la **modélisation des critères** généralement pris en compte par les experts humains en charge de l'optimisation des routes. Cela passe par la mise en évidence des critères d'optimisation **durée du voyage, réduction du carburant, réduction des coûts, sécurité** ainsi que des **paramètres** ayant un impact potentiel sur le calcul des routes et leur optimisation (**météo, courants marins, piraterie, etc.**)
- ▶ La conception d'**un modèle permettant le stockage et la manipulation de données hétérogènes et multi-sources.**
- ▶ La **réalisation d'un système** permettant le calcul de routes optimales.

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et  
réalisation d'un  
prototype

Communiquer sur  
son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas  
d'application

Outils de travail

La recherche en  
entreprise

Exemple de projets de  
recherche

Organisation de la  
recherche

Financement de la  
recherche

Synthèse et  
évaluation du l'UE

Synthèse

Évaluation

# Évaluation de l'UE

## Le sujet

Le sujet de thèse porte sur l'optimisation des routes maritimes dans le domaine du naval de défense. Dans les travaux de [?], des algorithmes et techniques sont décrits afin de calculer les routes optimales en termes de durée de trajet et de consommation de carburant, et ce en fonction des conditions météo-océaniques. L'une des limites de ces travaux réside dans l'utilisation de modèles extrêmement simplifiés permettant de calculer la consommation de carburant sur des tronçons de trajets linéaires, en fonction de conditions météo-océaniques considérés comme statiques sur ces tronçons. Il s'agira de mettre en place un outil permettant de déterminer ces consommations unitaires de carburant grâce à la mise en oeuvre de méthodes d'apprentissages.

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation

# Évaluation de l'UE

## Le travail à faire

A partir du sujet, reprendre les grandes étapes d'un travail de recherche en entreprise pour réfléchir aux questions suivantes :

- ▶ Quelles données utiliser ? Comment les récupérer ?
- ▶ Quels types de méthodes pourraient être utilisées a priori ?
- ▶ A partir des réponses aux deux premières question, planifier les travaux sur 3 ans de thèse
- ▶ Anticiper les problématiques auxquelles on risque d'être confronté, et comment y faire face

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation



CHAUVEAU, E., JÉGOU, P. et PROCOVIC, N. (2017).

Weather routing optimization : A new shortest path algorithm.

*International Conference on Tools with Artificial Intelligence (ICTAI).*



GALAND, L. (2006).

Recherche d'un chemin de meilleur compromis dans un graphe multicritère.

In 7ème Congrès de la Société Française de Recherche Opérationnelle et d'Aide à la Décision (ROADEF 2006), pages 121–136. Presses Universitaires de Valenciennes.



GAREY, M. et JOHNSON, D. (1979).

*Computers and Intractability : A Guide to the Theory of NP-Completeness.*

W. H. Freeman & Co., New York, NY, USA.



HAGIWARA, H. (1989).

Weather routing of sail-assisted motor vessels.

Mémoire de D.E.A., geboren te Tokyo Master of Mercantile Marine Science.



HANSEN, P. (1980).

Bicriterion path problems.

In FANDEL, G. et GAL, T., éditeurs : *Multiple Criteria Decision Making Theory and Application*, volume Vol.177 de *Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems*, pages p.109–127. Springer Berlin Heidelberg.



MANDOW, L. et DE LA CRUZ, J. L. P. (2008).

Multiobjective a\* search with consistent heuristics.

*J. ACM*, Vol.57(5):p.27 :1–27 :25.



ORDA, A. et ROM, R. (1990).

Shortest-path and minimum -delay algorithms in networks with time-dependent edge-length.

*Journal of the ACM*, Vol.37(3):p.607–625.



STEWART, B. S. et WHITE, III, C. C. (1991).

Multiobjective a\*.

*J. ACM*, Vol.38(4):p.775–814.

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse

Évaluation



VENETI, A., KONSTANTOPOULOS, C. et PANTZIOU, G. (2015).

Continuous and discrete time label setting algorithms for the time dependent bi-criteria shortest path problem.

*Computing Society Conference*, pages p.62–73.

8.



VINCKE, P. (1974).

Problèmes multicritères.

*Cahiers du Centre d'Etudes de Recherche Opérationnelle*, (16):p.425—439.

Raisonnement en milieu industriel

Introduction

Les grandes étapes

Travaux en amont

Modélisation

Résolution

Validation et réalisation d'un prototype

Communiquer sur son travail

Définition et objectifs

Enjeux industriels

Deux cas d'application

Outils de travail

La recherche en entreprise

Exemple de projets de recherche

Organisation de la recherche

Financement de la recherche

Synthèse et évaluation du l'UE

Synthèse  
Évaluation