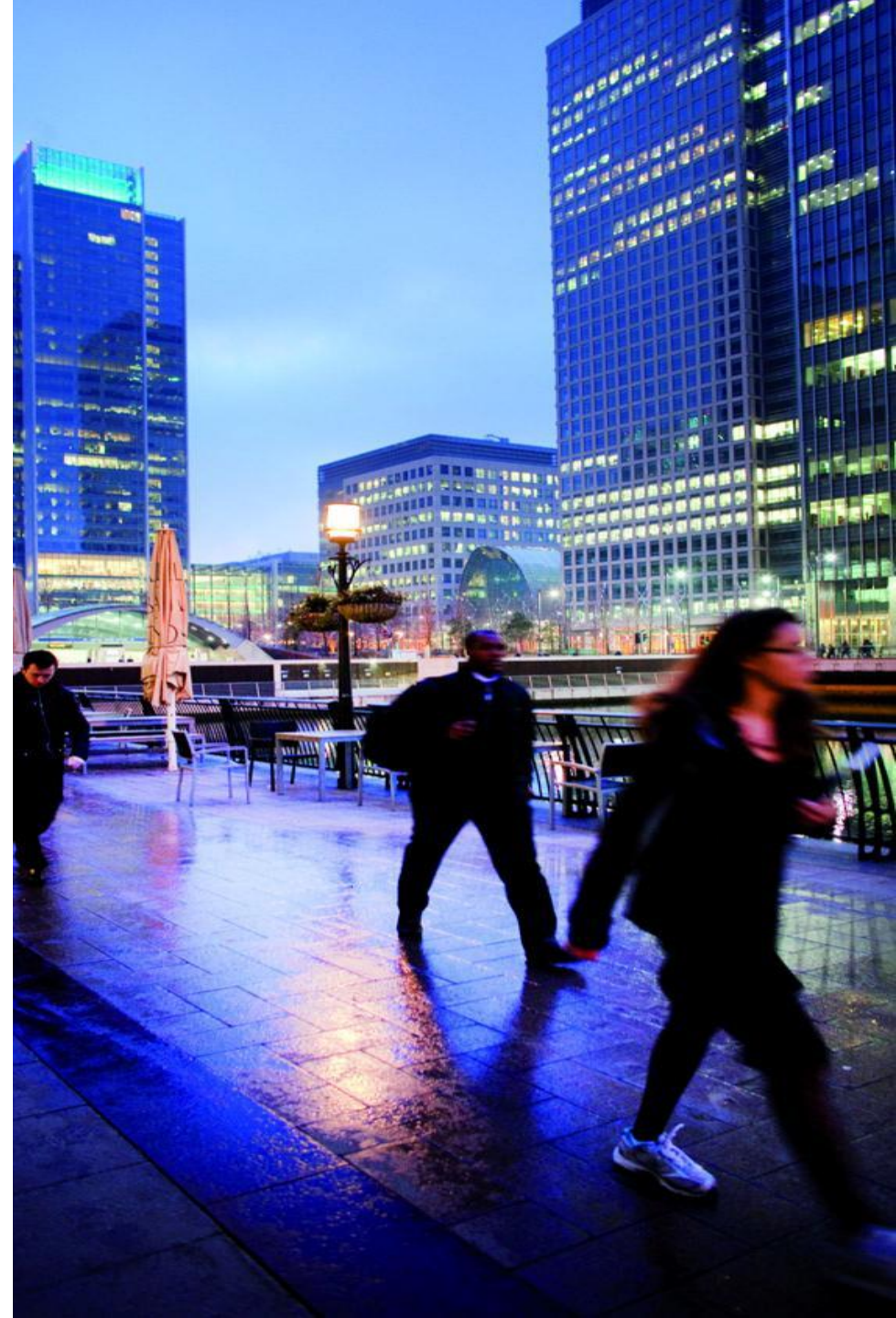




Projet de Groupement d'Intérêt  
Scientifique (GIS) LARTISSTE

## Quantifications d'incertitudes pour les modèles numériques

### Applications en sûreté et conception



# AGENDA

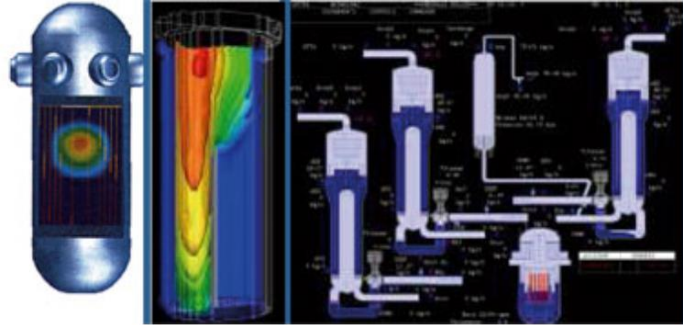
- Contexte et motivations EDF et fédérations d'industriels / EPIC
- Une réponse proposée par les chercheurs de l'Université Paris-Saclay (UPS)
- Fonctionnement proposé
- Gouvernance proposée
- Autres propositions (gouvernance, soutien, enseignement)

# MOTIVATIONS INDUSTRIELLES

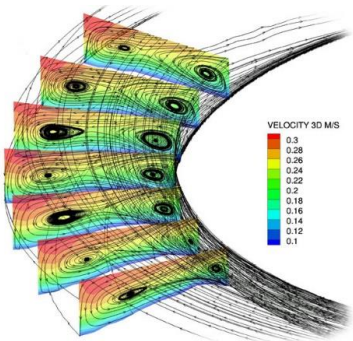
L'étude et le renforcement de la **sûreté** / la **conception** de nombreuses installations industrielles sont dépendants d'Outils de Calcul Scientifique (OCS)

## Codes numériques

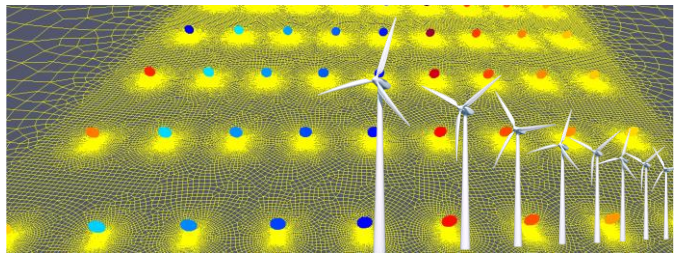
**CATHARE** (Code Avancé de ThermoHydraulique pour les Accidents de Réacteurs à Eau)



**TELEMAC**  
(Hydrodynamique fluviale)



**SATURNE** (Ecoulements atmosphériques)

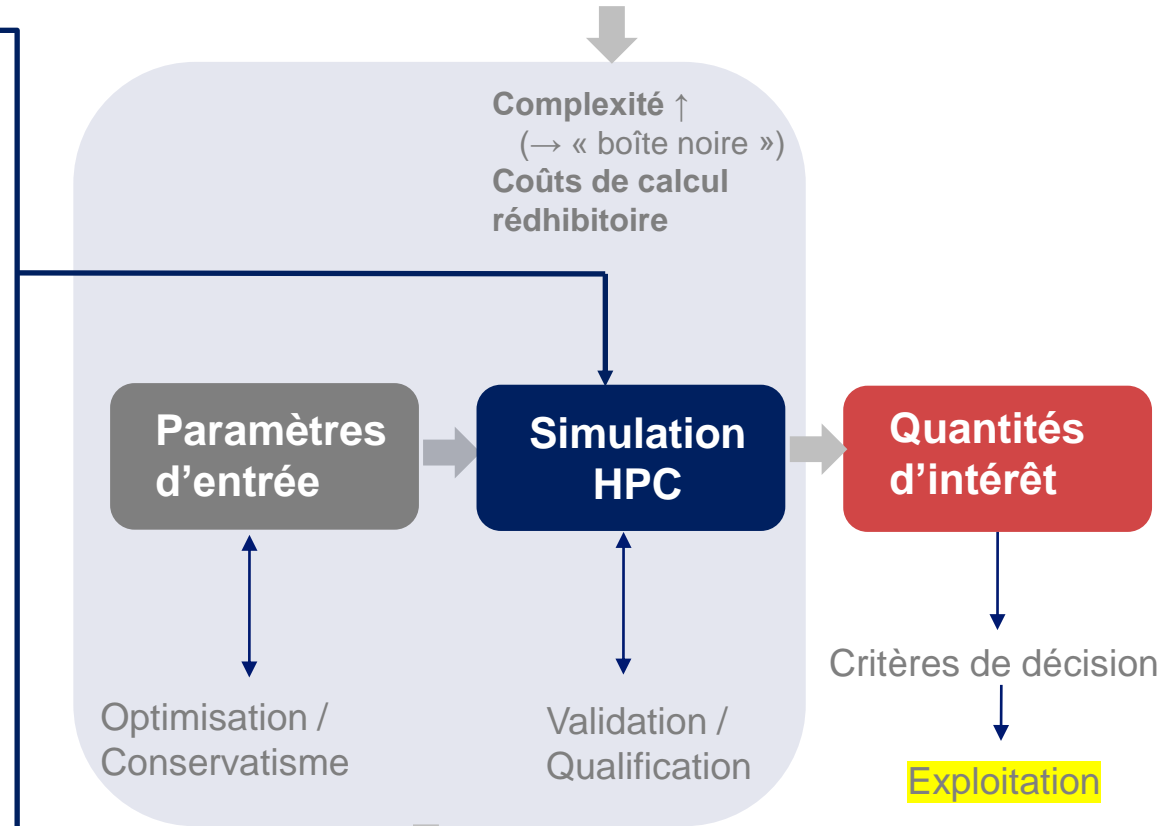


## Autres modèles numériques impliqués

- Codes neutroniques, électromagnétiques, multi-physiques, etc.
- Simulation multi-agents
- Modèles d'aléas naturels extrêmes

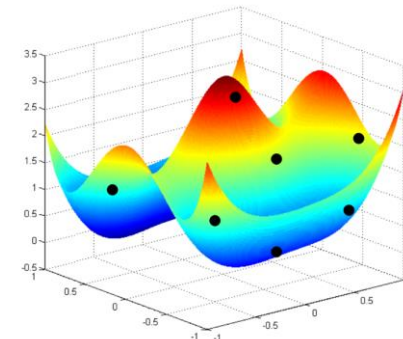
# VERROU ACTUEL

Exploitation plus fine, plus vaste, plus vertueuse, exigences de sûreté ↑



## RÉPONSE / DÉFI

« Reproduire » la physique par apprentissage statistique (ex : réseaux de neurones) **avec des garanties fortes sur les incertitudes**



# QUANTIFICATION DES INCERTITUDES À L'UPS

- Domaine fortement **pluridisciplinaire**
- Nombreux domaines de recherche concernés
- Soutien enthousiaste des **Graduate Schools** (Sciences de l'ingénierie et des systèmes, Mathématiques, Physique, Informatique et Sciences du Numérique, Géosciences, Climat, Environnement, Planètes, Biosphera) et de **DataIA**
- **Problèmes de recherche aux frontières** : mathématiques, statistique, optimisation, modélisation numérique, informatique, intelligence artificielle, et disciplines appliquées faisant appel aux simulations numériques
- L'aspect stratégique du domaine de la quantification des incertitudes est bien compris (scientifiquement, mais aussi par les financeurs)
- Positionnement original en France, possibilité d'acquérir une position de leader



# INDUSTRIELS / EPICS

# UNIVERSITE PARIS SACLAY



- Sûreté, pérennité et manœuvrabilité Parc nucléaire
- Conception de nouveaux moyens de production avec 
- Réussir la transition énergétique



- Améliorer la conception aéronautique dans un contexte de transition énergétique



- Des partenaires communs au service du HPC, de la R&D spécialisée « Incertitudes », bons connaisseurs des cas d'étude

**Un groupe fédéré par EDF R&D,** très reconnu dans le domaine du traitement des incertitudes et des statistiques appliquées

Des collaborations pérennes en R&D et ayant prouvé leur utilité

**Un leader mondial en apprentissage statistique (recherche et enseignement)**

Un souhait de servir le monde économique

Des collaborations déjà existantes au sein des laboratoires et des formations

- Nouveaux problèmes de recherche
- Cas d'étude importants et acculturation
- « Filière » inter-labos / formations

- Amélioration de la qualité des études
- Amélioration de la connaissance
- Attractivité des étudiants

- **Choix d'un GIS à vocation méthodologique**
- **Feuille de route scientifique commune**
- **1eres réflexions recherches de financement**



# PRINCIPE DU GIS

- Le GIS est un consortium qui vise à développer des méthodologies, obtenir de meilleures garanties théoriques et appliquées sur une typologie de problèmes partagés. Sa cotisation au fonctionnement pour les entreprises serait de qq\$ k€ / an
- Le GIS souhaite s'articuler autour des leviers « **étudiants motivés – professeurs et chercheurs de haut niveau – ingénieurs-chercheurs souhaitant répondre à des besoins métiers à moyen et long terme** »
- La construction de ce projet a aussi été menée dans l'idée que l'Université Paris-Saclay souhaite unifier les compétences fortes en apprentissage à l'université, présentes dans différents laboratoires, et de co-construire une « **filière thématique** » nourrie d'applications
- Les étudiants sont donc des contributeur bienvenus, par le biais des travaux durant la scolarité, des stages, etc. Une ambition pour les industriels est aussi de pouvoir se rendre attractifs

# POINTS CLES DU FONCTIONNEMENT PROPOSÉ

- **Le fonctionnement est souhaité simple et souple**

- on souhaiterait limiter les flux financiers et répondre à plusieurs à des Appels A Projet
- on souhaiterait des facilités de co-encadrement privé-public
- on souhaiterait pouvoir faciliter les échanges et réutilisations de méthodes / codes open source

- **Proposition d'une convention-chapeau**

- Elle ne se substituerait pas aux conventions déjà existantes
- Si nécessité, les règles de partage d'information produite et de PI seraient spécifiées dans des conventions spécifiques issues d'une convention-type

# FONCTIONNEMENT PROPOSÉ

## Groupes de Travail

mixtes académiques -industriels

**Ex 1** : Garantir un calcul légèrement conservatif d'une probabilité de défaillance d'un système critique

**Ex 2** : Amélioration des heuristiques de calcul d'un dimensionnement de parc éolien

### Hiérarchisation

- Intérêts partagés
- Disponibilité de personnes compétentes
- Faisabilité d'obtention de financement (dont stages, thèses, post-docs)

### Recherche de financements

ANR, régional, Europe, PIA, Programme (ex: France 2030) via DataIA éventuellement ; actions de lobbying aidées par les industriels

### Réalisation

Sous convention partenariale

#### Valorisation 1

Articles, codes, brevets, etc.

#### Valorisation 2

Séminaire UQSay  
(Uncertainty Quantification @ Saclay)

#### Valorisation 3

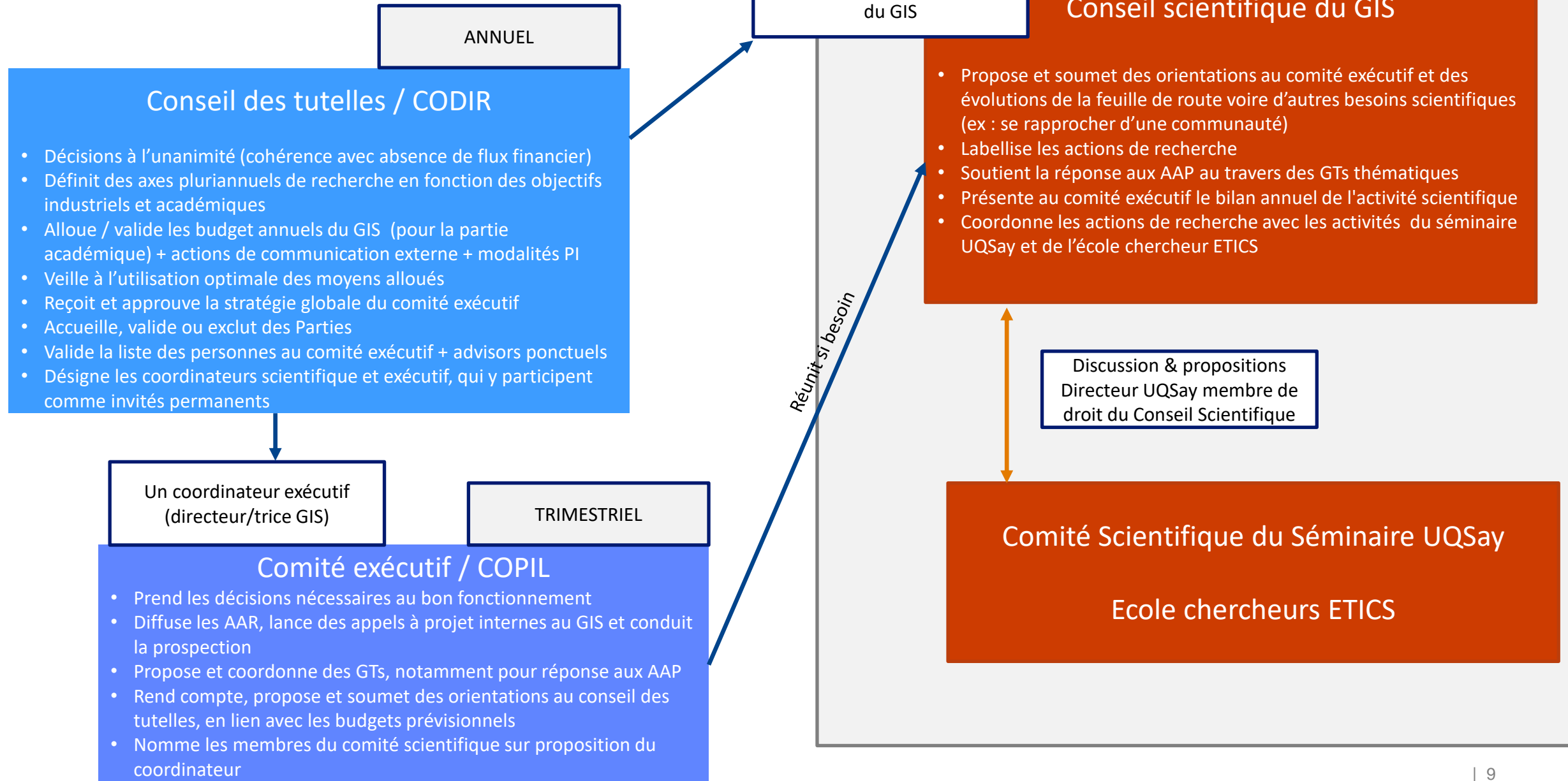
Ecole chercheurs  
ETICS  
ENS-CEA-EDF

#### Valorisation 4

Construction de formations mixtes



# GOVERNANCE PROPOSÉE



# PROPOSITION ACTUELLES INDUSTRIELS / EPICS COMITÉ DES TUTELLES (CODIR)

- **EDF** : Ange Caruso (Délégué Direction Scientifique)
- **ONERA** : Laurent Cambier (Direction Pôle Statistique)
- **AIRBUS** : Isabelle Terrasse (Executive Expert Direction)
- **CEA DES/DAM** : Catherine Santucci (Directrice Institut)
- **IFPEN** : Olga Vivizika-Kavvadias (Directrice Scientifique)
- **FRAMATOME** : Stéphane Bugat (Directeur R&D) ou Gilles Perrin (Directeur scientifique)
- **CERFACS** : Catherine Lambert (Présidente)
- **SAFRAN** : Christian Rey (Directeur Calcul Appliqué)
- **PHIMECA** : Thierry Yalamas (CEO)
- **Sigma Clermont** : Nicolas Gayton (Directeur)

# PROPOSITIONS FINALES

- Un directeur de Graduate School (GIS est ainsi très impliquée dans l'aide à la construction) pourrait-il être un choix pertinent pour intégrer le Comité des Tutelles ?
- Un soutien de la Direction de l'Université pourrait fortement aider à motiver des chercheurs des différents laboratoires
  - **Communication à l'échelle de l'université** (ex : co-organisation d'une présentation)
  - **Soutien financier au fonctionnement** (ex : site web)
  - **Soutien financier aux stages, thèses ...**
- La participation éventuelle des ingénieurs-chercheurs à des formations existantes et futures (qui ont souvent déjà enseigné en interne et à l'externe) pourrait-elle être envisagée à moyen terme ?

MERCI

# LIENS AVEC L'ECOSYSTEME

## Laboratoires communs EDF

### GIS

#### Finalités

- Qualifier les incertitudes pour l'usage des modèles numériques en sûreté et conception
- Applications nucléaires / ENR

#### Méthodologies

- Analyse de sensibilité
- Construction, inférence, sélection et validation de modèles (ex : extrêmes) et méta-modèles (ex : PG profonds)
- Assimilation de données – inversion
- Aide à la décision

#### Moyens

- Modélisation probabiliste
- Gestion expériences numériques
- Apprentissage statistique avec données coûteuses
- Optimisation sous incertitude

*Collaboration pertinente*

*Nourrit en briques méthodo*

*Collaboration pertinente*

*Peut chercher de l'expertise sur des cas d'étude*

*Dialogue sur des pts techniques et des cas d'étude*

Entité	Proximités	Différences	Bénéfices
GIS SEISM	Finalités méthodo	Applicatives (sismique)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cas d'étude aléas naturels</li> <li>• Aide fonctionnement GIS</li> </ul>
SINCLAIR	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Finalités conception</li> <li>• Dialogues entre certains outils d'apprentissage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Finalités IA ≠ sûreté</li> <li>• Apprentissage riche</li> <li>• Pas de problématique de validation des modèles numériques</li> </ul>	Meilleure connaissance des nombreux outils de l'apprentissage (périmètre, usage, robustesse...)
PGMO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Besoins d'optimisation</li> <li>• Roadmap tournée vers l'apprentissage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Applicatives (marchés de l'énergie)</li> </ul>	Mieux appréhender les pbs d'optimisation et d'aide à la décision sous incertitude
MAI / IMSIA	Traitement des connaissances matériaux / modèles mécaniques	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compétences ingénierie physique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nourrir les études de modélisation et validation du GIS</li> <li>• Vision métier</li> </ul>
IRDEP / IPVF	Finalités conception ENR	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compétences ingénierie physique</li> </ul>	Nourrir les besoins méthodologiques et la connaissance métier
Chaire RSSC CentraleSupélec	Finalités études de risque VV paramétrique	Maintenance ≠ sûreté	Echanges sur certains outils 