



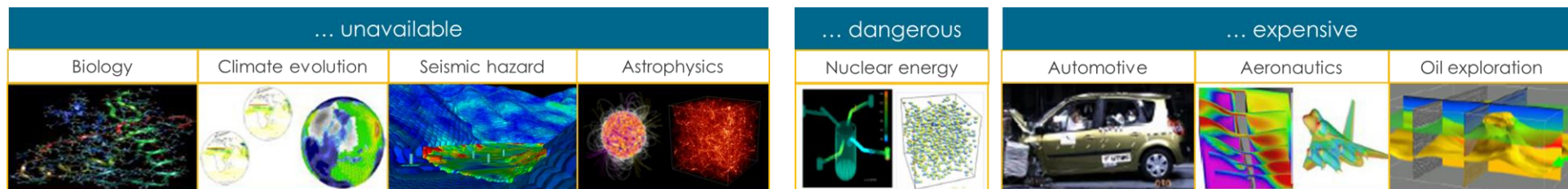
## **Le projet Exascale Jules Verne**

*Nicolas Lardjane, CEA, Responsable TGCC*



# HPC : un défi majeur pour la compétitivité de l'industrie et la recherche

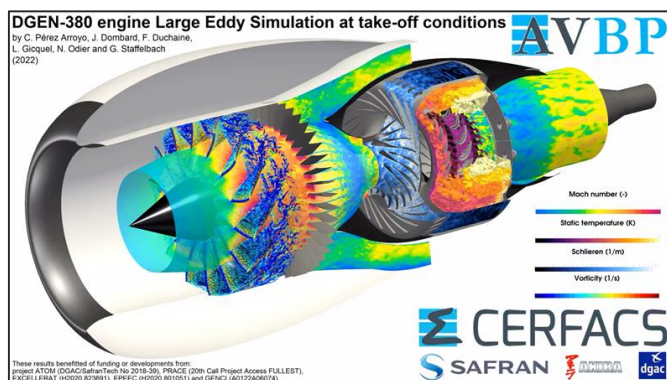
➤ Les simulations numériques préparent/complètent/remplacent les expériences/observations quand ...



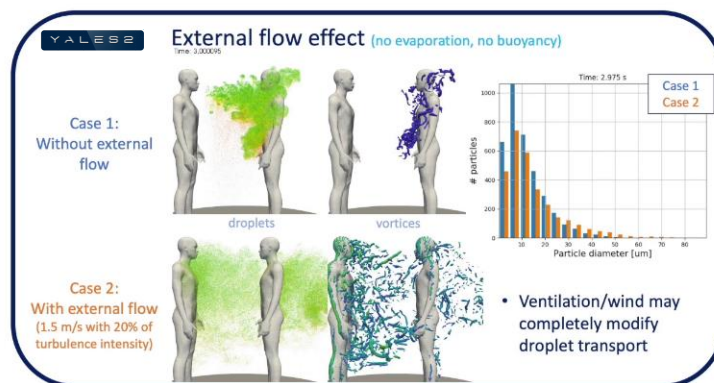
➤ Les simulations HPC permettent de :

- ❑ Traiter des systèmes multi-échelles, optimiser, valider, propager les incertitudes, réduire le nombre de maquettes, ...
- ❑ Apporter des éléments d'aide à la décision en cas de crise (PRACE COVID-19 Fast Track projects for urgent computing)
- ❑ Analyser de vastes ensembles de données, développer de grands modèles d'IA, ...

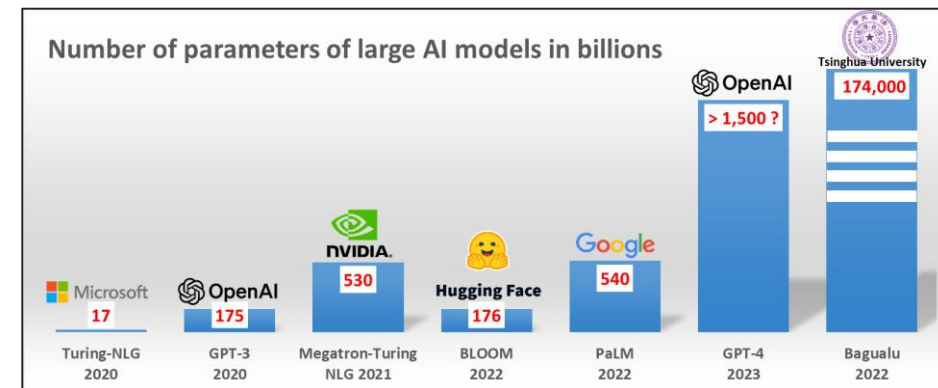
## Au prix de ressources informatiques importantes



World first-ever full engine combustion model,  
2,1Bcells, 13k cores, ~30M core.hours  
on Joliot-Curie @ TGCC (PRACE)



Dynamic evolution of sprays and risk transmission  
of the Covid-19 virus, LEGI, Coria, SafranTech, IMAG  
10 millions core hours on Joliot-Curie @ TGCC



The training of the BLOOM model took 117 days  
on 384 GPUs (Nvidia A100@80GB) of Jean-Zay @ IDRIS  
Training of the Bagualu model over 37M CPU cores !



# Paysage mondial des ressources HPC (pré-)exascale



Aurora, **>2 EF peak**, Q3/2023, Argonne National Laboratory, **HPE Cray**, **~65K Intel GPU Max**, 21K Intel Max CPU



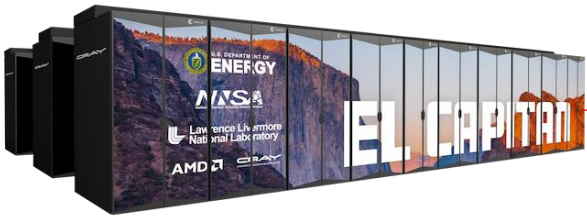
Jules Verne project (**EuroHPC**), Q4/2025, TGCC CEA, France



Jupiter (**EuroHPC**), **? EF peak**, Q4/2024, **20MW**, **Hybrid**, Jülich Supercomputing Centre (JSC), Germany



# 3, LUMI-G (**EuroHPC**), **~310 PF HPL**, 2023, **6 MW**, CSC, Finland, **HPE Cray**, **~10K AMD MI250X**



El Capitan, **>2 EF peak**, Q1/2024, **~30 MW**, Lawrence Livermore National Lab **HPE Cray**, **AMD MI300A APU**



#2, Fugaku, **~440 PF HPL**, 2020, **30 MW**, **RIKEN** Center for Computational Science, Japan. **Fujitsu A64FX** **7,630,848 cores**



# 1, Frontier, **1.2 EF HPL**, 2022, **22MW**, Oak Ridge National Laboratory (ORNL) **HPE Cray**, **~38K AMD MI250X**



MareNostrum 5 (**EuroHPC**), **~200 PF HPL**, Q4/2023, BSC Spain, **Atos**, **Nvidia H100 GPUs**



#4, **~240 PF HPL**, 2023, **7,5 MW**, Leonardo (**EuroHPC**), CINECA, Italy, **Atos XH2000**, **~14K Nvidia A100**



**Not listed in Top500**

- Tianhe-3, **~1 EF HPL**, 2021, **~35 MW**, Matrix 2000+ MTP accelerator
- Sunway-OceanLight, **~1 EF HPL**, 2021, **~35 MW**, **~37M cores** SW26010-Pro **3**

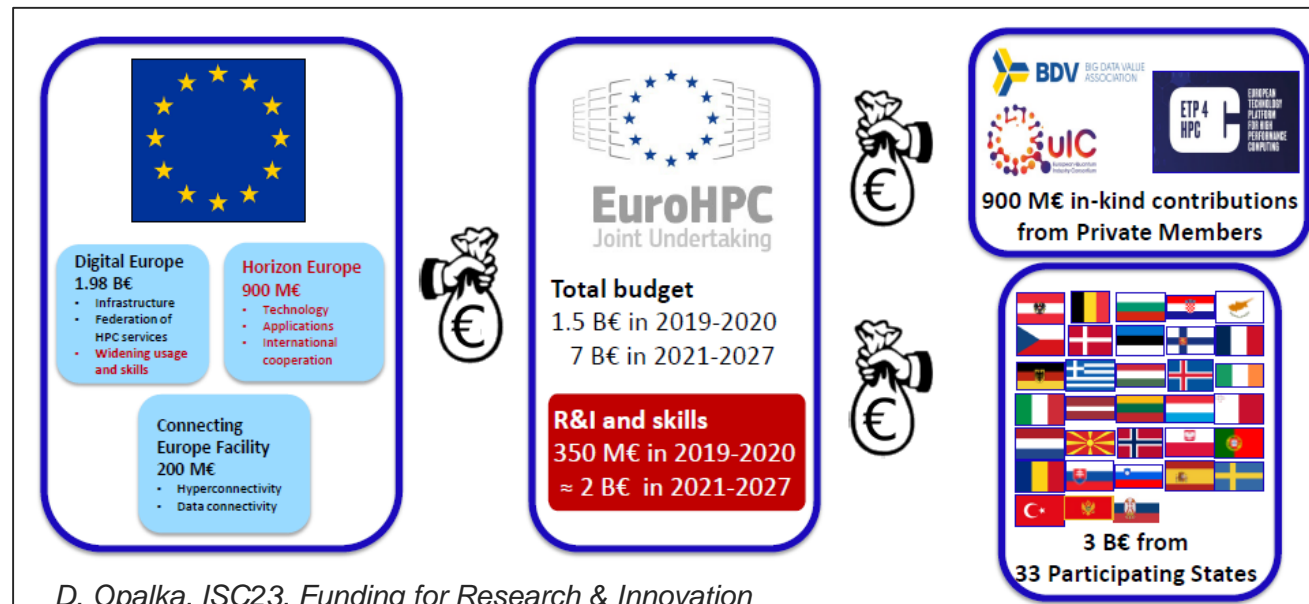
# A propos d'EuroHPC



EuroHPC JU (European High Performance Computing Joint Undertaking) est une initiative conjointe de l'UE, de pays européens, et de partenaires privés créée en 2018 pour :

- faire de l'Europe un leader mondial dans le domaine du HPC,
- renforcer l'excellence scientifique et la puissance industrielle de l'Europe,
- soutenir la transformation numérique de son économie et assurer sa souveraineté technologique.

Budget 2021-2027: 7B€



EuroHPC met en commun les ressources de ses membres pour :

- Déployer en Europe une **infrastructure** de supercalculateurs, de calcul quantique, de services, et de données
- Soutenir en Europe le **développement** de composants, de technologies et d'applications innovantes
- Élargir l'**utilisation** des infrastructures HPC et quantiques à un grand nombre d'utilisateurs publics et privés



# Feuille de route infrastructure d'EuroHPC

## Feuille de route Ecascale :

	2019 & 2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
HPC Infrastructure	pre-exascale + petascale HPC systems	Several pre-exascale systems and exascale HPC systems			exascale and post-exascale HPC systems			

- 12/2021, 1<sup>er</sup> AMI Exascale : sélection de la candidature **Allemande** (FZJ) appelée **JUPITER**
- 12/2022, 2<sup>nd</sup> AMI Exascale : sélection de la candidature du **consortium Jules Verne** porté par la France



## Feuille de route Calcul Quantique :

	2019 & 2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Quantum Infrastructure	Quantum simulators interfacing with HPC systems	1 <sup>st</sup> generation of quantum computers + quantum simulators interfacing with HPC systems			2 <sup>nd</sup> generation of quantum computers + quantum simulators			

- En 12/2021, EuroHPC a lancé le **projet de recherche HPCQS** visant à **coupler le simulateur quantique de Pasqal (100 qubits) aux ordinateurs du TGCC et de Julich.**
- En 03/2022, sélection du projet **EuroQCS** visant à **mettre à disposition des chercheurs européens divers ordinateurs quantiques interfacés aux calculateurs HPC classiques**
  - EuroQCS-France (FR, GE, IR, RO) utilisera une machine quantique de type photonique



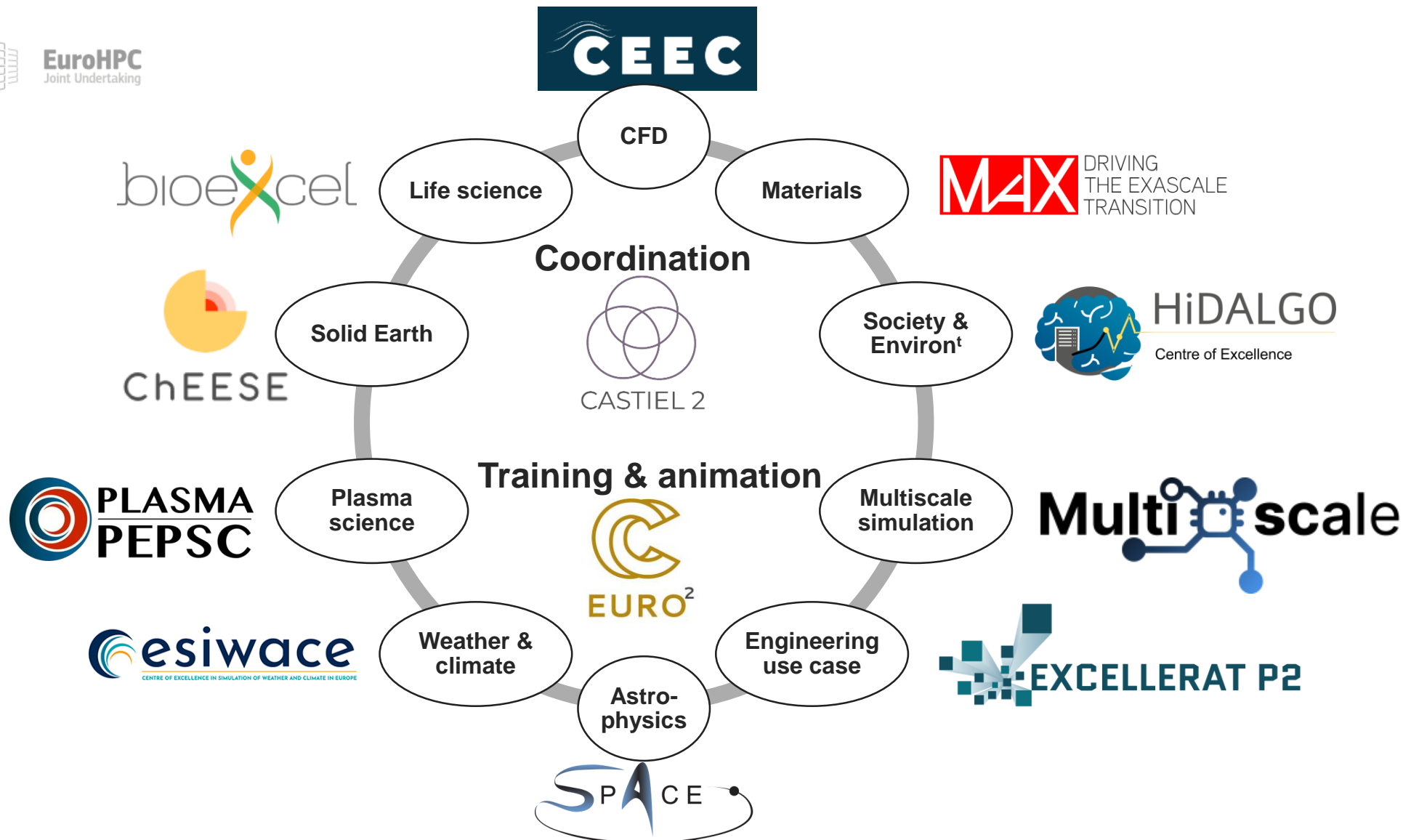
# Centres d'Excellence et de Compétence d'EuroHPC



En 2023, 10 centres d'excellence pour soutenir la recherche et l'innovation afin de **développer et d'adapter les applications HPC pour l'exascale** (90M€, 2023-2025) - suite des CoE H2020.



**EuroHPC**  
Joint Undertaking





# Le projet Jules Verne



# Le consortium Jules Verne



## Jules Verne consortium

- GENCI *Hosting Entity*
- CEA *Hosting Site*
- SURF (NL) *partner*



## Hosting Entity: GENCI

Chargé de la mise en œuvre de la stratégie nationale pour le calcul à haute performance, l'intelligence artificielle, le stockage de données et l'informatique quantique.

- associés MESR, CEA, CNRS, France Universités, Inria
- 3 superordinateurs, allocation >2 milliards d'heures.cœur, 1300 projets en 2022 (600 en AI)



## Hosting Site: CEA/TGCC

Bâtiment, infrastructure, équipes opérationnelles, support



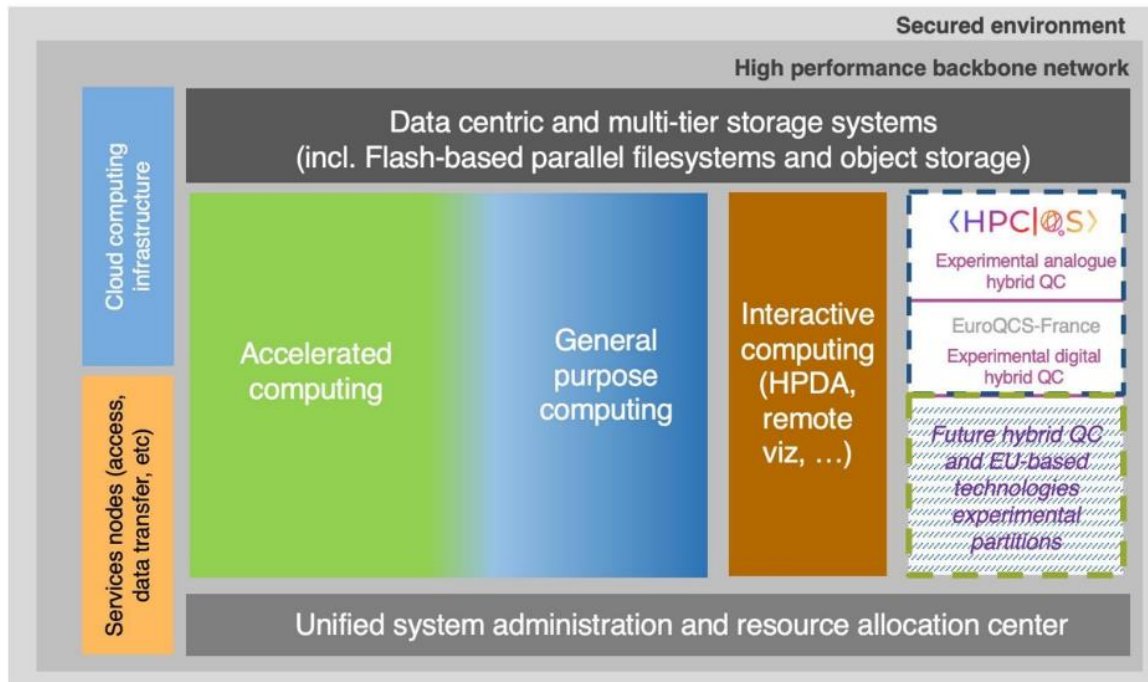
## Partenaires :

- **SURF (Pays-Bas)**
  - En charge de la coordination des moyens informatiques pour l'éducation et la recherche aux Pays-Bas
  - **SURF contribuera à l'équipe de support applicatif**
- **Autres ?**
- **Lettre d'intention : ONERA, IFPEN**



# Les objectifs du projet Jules Verne

- Relever les **défis sociétaux et scientifiques** (sciences de l'univers, changement climatique, santé, nouvelles énergies, matériaux innovants, transports, villes/systèmes intelligents, ...) grâce à des **simulations numériques de grande ampleur** et à **l'analyse de données massives** à l'aide de l'IA.
- **Intégrer les technologies matérielles et logicielles européennes** au niveau du calculateur, du stockage, de l'interconnexion, de l'administration, et développer les applications phare.
- **Mettre en place une équipe globale de support** (IDRIS/CINES/TGCC/SURF)



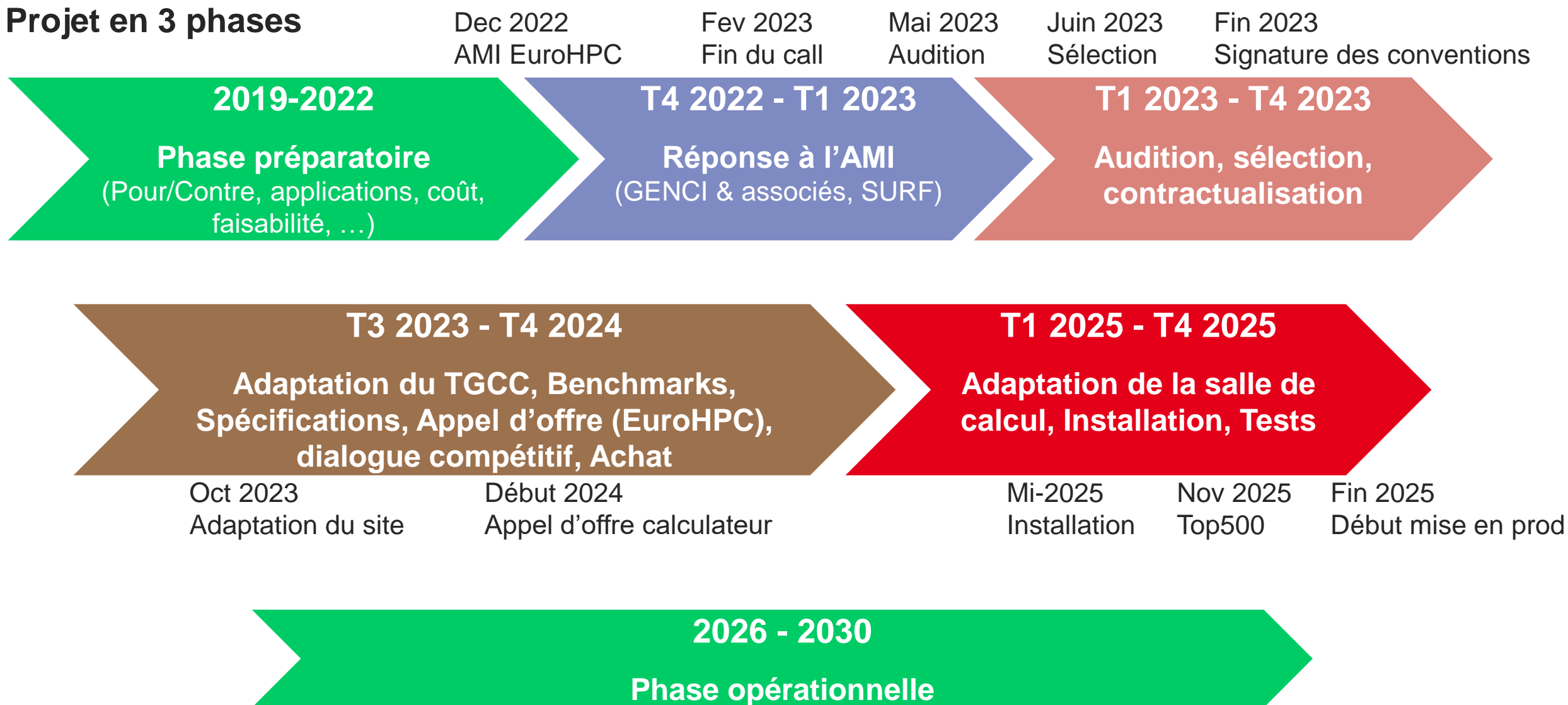
Performance HPL : **1+ EFlops**  
Consommation électrique **< 20 MW**  
**> 100 PB Flash/HDD** et **> 200 PB archive**  
**2 x 100 Gb/s Renater**  
**Cloud computing**  
**Environnement sécurisé**  
**Quantum-computing coupling**  
**Equipe support de 15 experts**  
**TCO 5 ans : 542 M€ (50% EuroHPC)**  
**EuroHPC est propriétaire de la machine**

- Integration of already funded systems as partition of the high-end supercomputer (not accounted for in the budget proposal)
- Possible additions to the high-end supercomputer during its lifetime (not accounted for in the budget proposal)

# Feuille de route du projet Jules Verne



## Projet en 3 phases





# Un écosystème riche

## ➤ Infrastructure :

- ❑ **PRACE: Tier0 au TGCC**, formation avancée @MDLS, ...
- ❑ **PPI4HPC**: cofinancement Joliot-Curie Phase 2@TGCC
- ❑ **ICEI/FENIX**: cofinancement de la partie **TGCC Cloud** (interactive computing, object storage)



## ➤ Technologies matérielles et logicielles :

- ❑ **EPI SGA2 (2022-2025, 70M€)**: développement d'un **processeur européen** pour le HPC, HPDA, IA, ...
- ❑ **SEA (2021-2024): Software for Exascale Architecture**
  - **DEEP-SEA (15M€)**: **environnement de programmation** bas niveau, gestion des ressources, abstraction pour les configurations hétérogènes
  - **RED-SEA (8M€)**: développement d'un **réseau d'interconnexion** basé sur le BXI
  - **IO-SEA (8 M€)**: plateforme de **gestion et de stockage des données** permettant le passage à l'échelle
- ❑ **EUPEX (2022-2025, 40M€)**: conception d'un **système pilote** modulaire intégrant les technologies européennes et préparant les applications à l'exascale



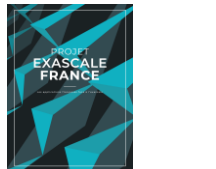
## ➤ Logiciels et applications :

- ❑ **NUMPEX (2023-2029, 40M€)**: conception et développement de **briques logicielles pour l'exascale**
- ❑ **CExA (2023-2025, 1,5M€)**: interface CEA pour le calcul sur GPU



## ➤ Groupes de réflexion:

- ❑ **ETP4HPC**: Orientations stratégiques (livres blancs, Strategic Research Agenda) sur la **recherche et innovation pour les technologies HPC en Europe**. ETP4HPC est un membre privé d'EuroHPC.
- ❑ **SP3 projet Exascale France**: synthèse des domaines applicatifs et applications prioritaires





## **Focus sur l'adaptation du site**



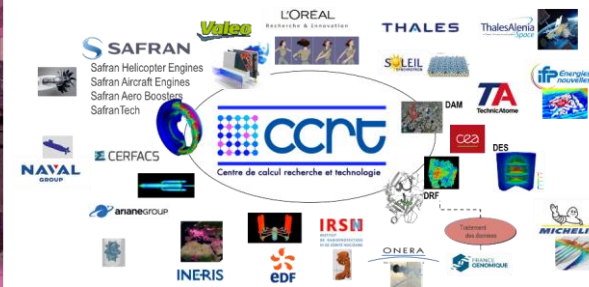


- **Un centre de calcul de classe mondiale à Bruyères-le-Châtel :**
  - Construit en 2010 pour accueillir des machines de calcul de grande taille
  - Salles des machines : 2 x 1300 m<sup>2</sup>, zones techniques : 3000 m<sup>2</sup>
  - Alimentation électrique : 12 MW configurés, nœud Renater (100 Gbit/s, 2023)
  - Espace de communication : salles de réunion, amphithéâtre de 200 places

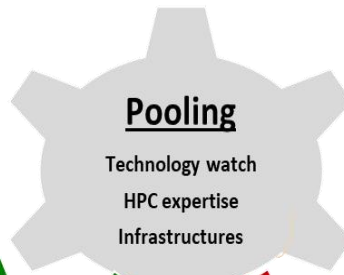
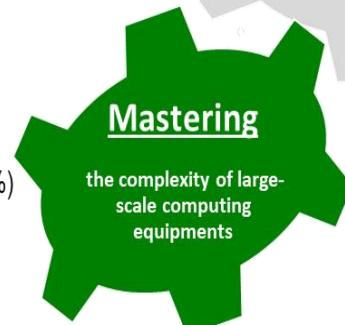


- **Un site, deux systèmes multi-pétascales pour la recherche et l'industrie**
- **Une équipe HPC mutualisée :** conçoit les installations et leurs infrastructures, co-développe des briques technologiques avec les fournisseurs HPC, exploite les supercalculateurs, fournit du support aux utilisateurs.

5 computing partitions:  
SKL, KNL, Rome,  
A64FX, V100  
+ QLM



**Joliot-Curie (\*)**  
~22 Petaflop/s  
5 PB @ 300GB/s  
Academic Research  
France (~50%) Europe (~50%)  
(Tier-1, Tier-0)



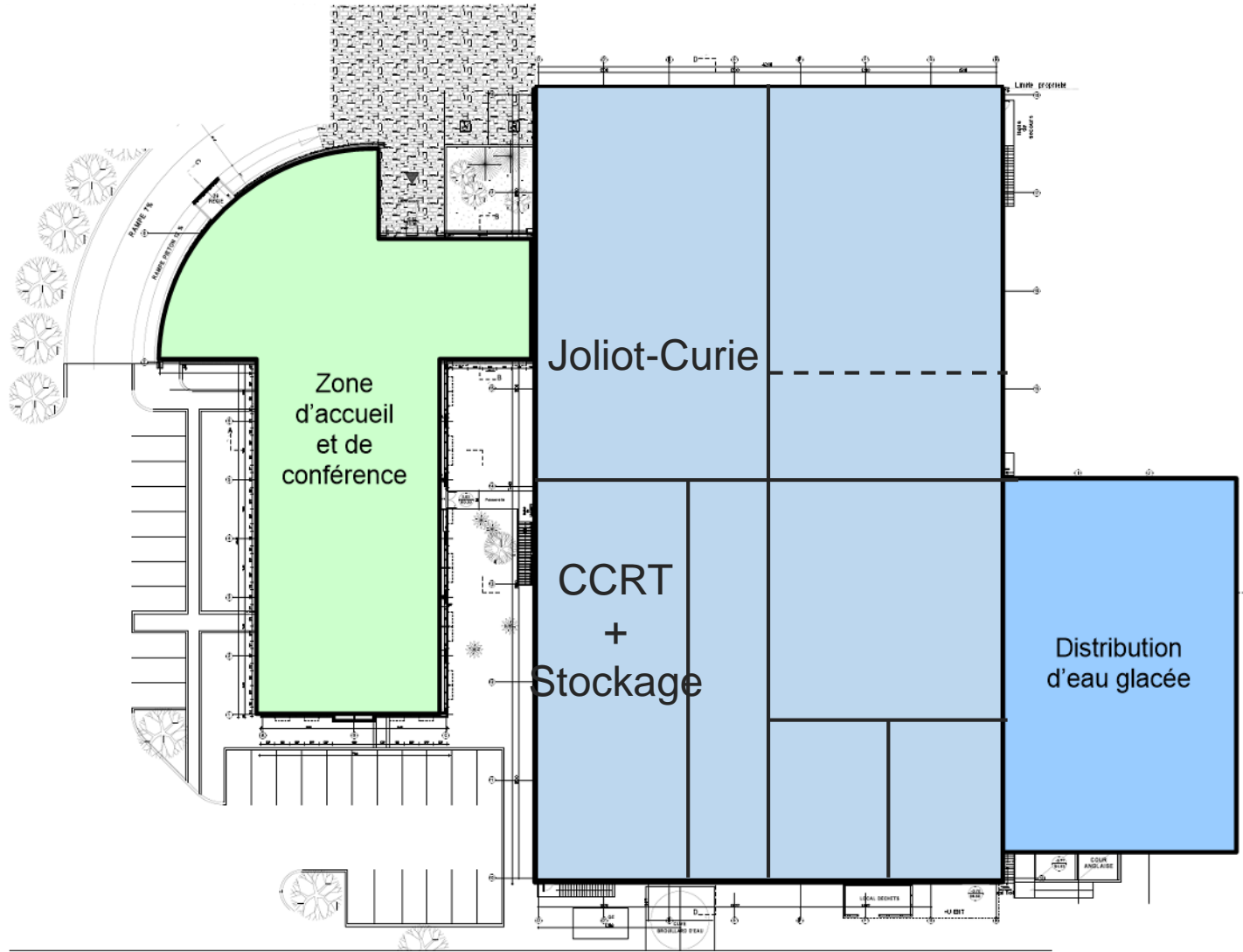
**Topaze (\*\*)**  
~10 Petaflop/s  
~3 PB @ 280 GB/s  
Industry and Research  
CEA and industrial partners



(\*) (Irene) Joliot-Curie supercomputer made available as part of PRACE. Operated by CEA (\*\*) Funded by CEA and its partners



## Mi-2023 situation





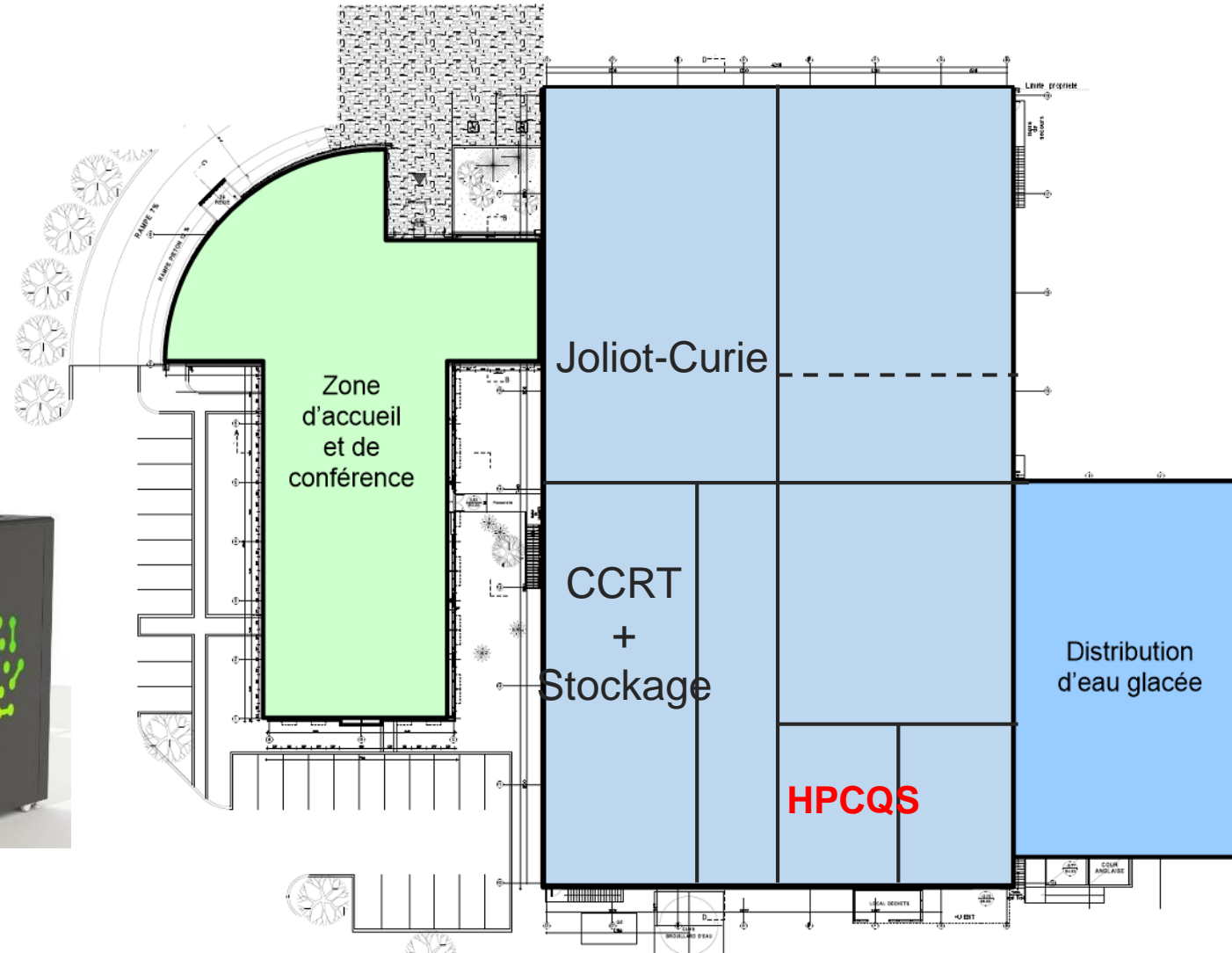
# Adaptation du TGCC



Fin-2023 attendu

- Quantum room
- Pasqal QPU

<HPC|S>

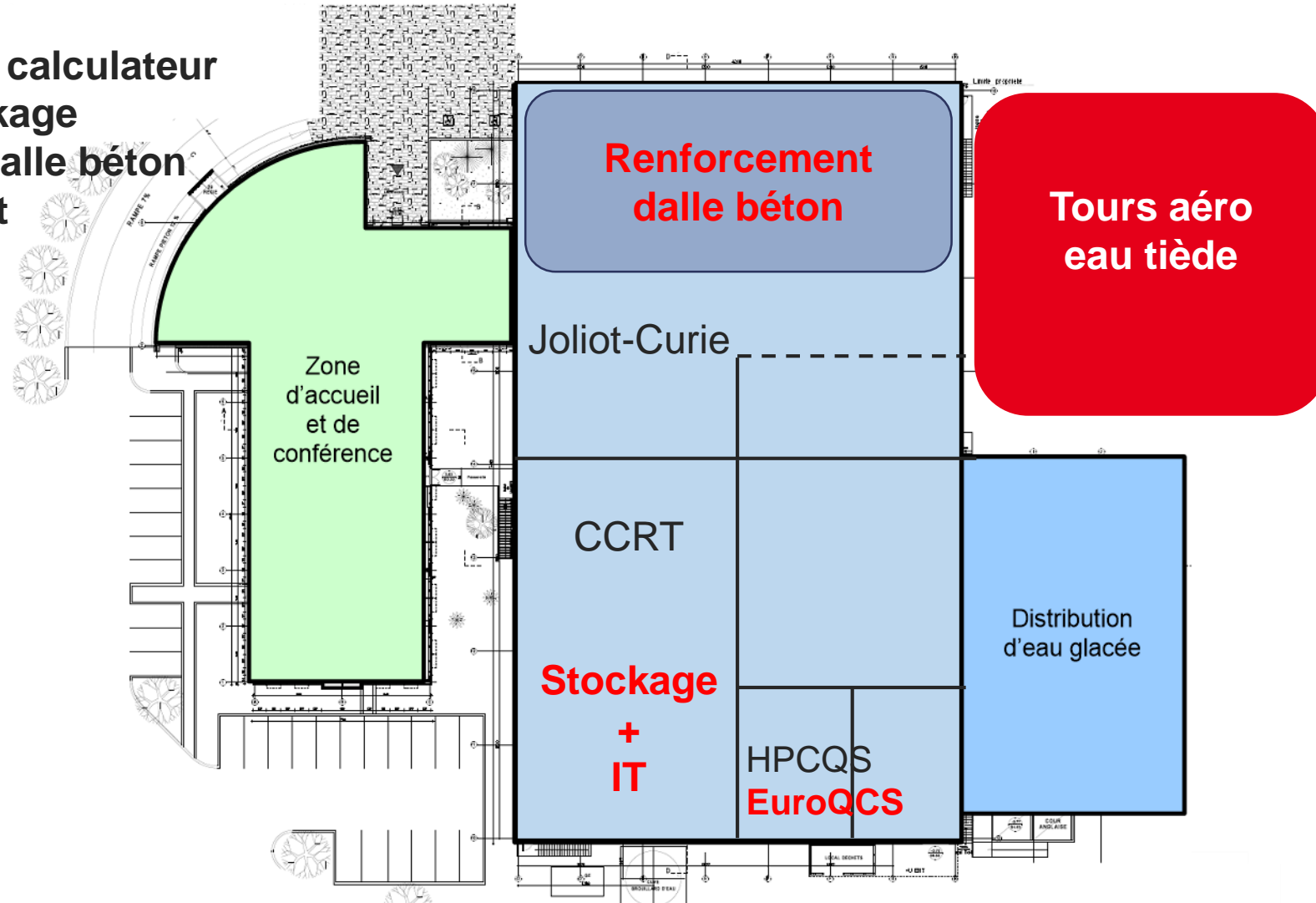


# Adaptation du TGCC



## Fin-2024 attendu

- QPU photonique (EuroQCS)
- Exascale :
  - environnement calculateur
  - robotique stockage
  - renforcement dalle béton
  - refroidissement

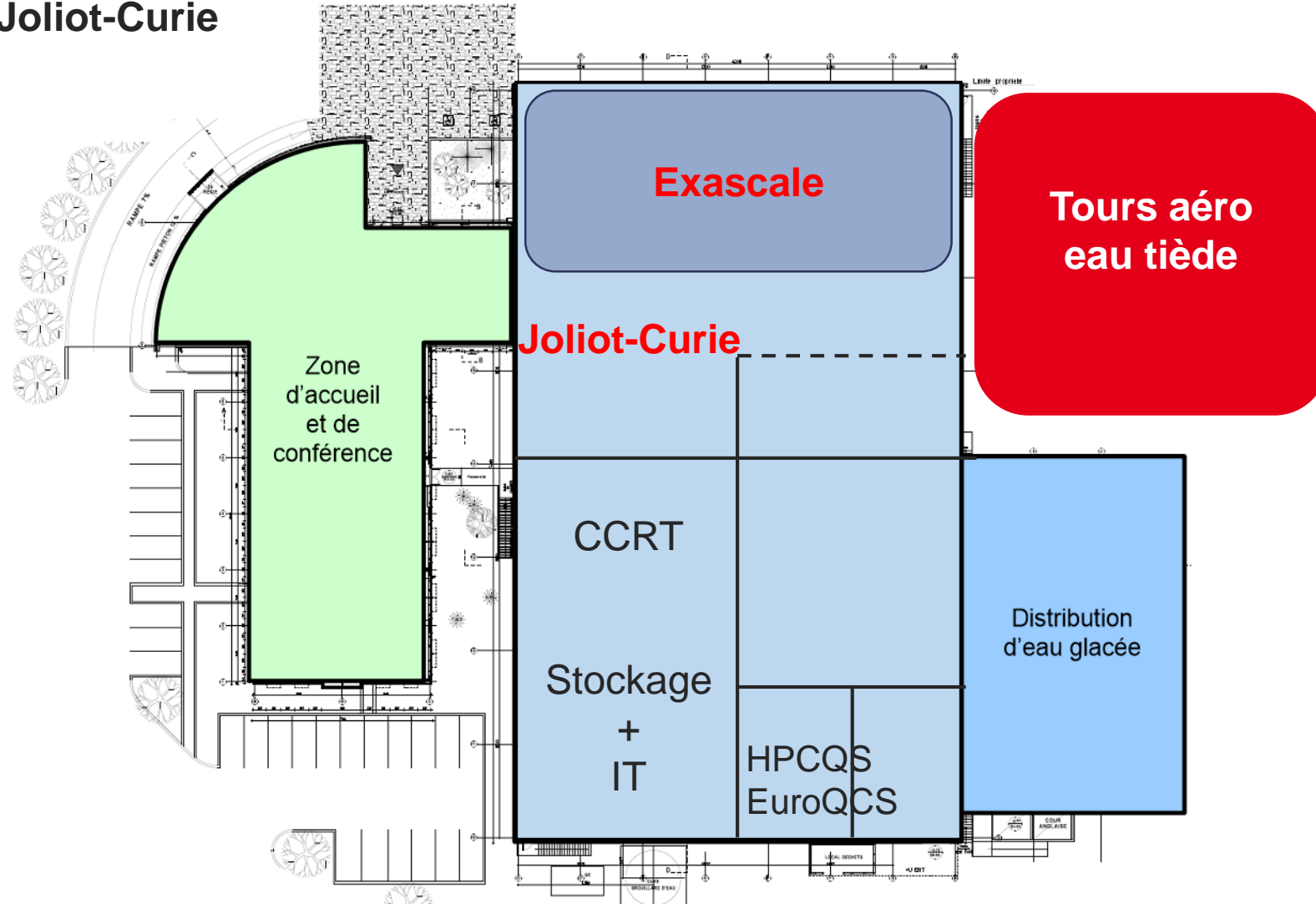


# Adaptation du TGCC



Fin-2025 attendu

- Machine exascale fonctionnelle
- Démantèlement de Joliot-Curie





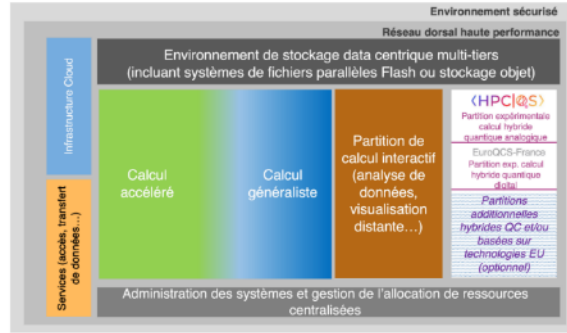
# Conclusion



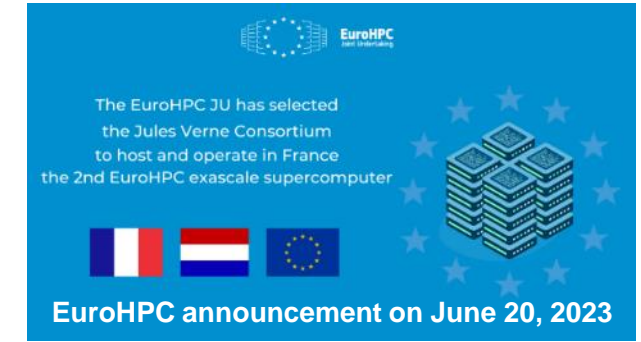
Grands instruments scientifiques



Utilisateurs académiques, industriels et services publics



HPL performance: 1+ EFlops  
Electric power consumption < 20 MW  
European technology/software  
Quantum-computing coupling  
5 years TCO: 542 M€ (50% EuroHPC)



## ➤ Le projet Jules Verne permettra de :

- Conforter la position de la France et de l'Europe sur l'échiquier mondial de la recherche
- Garantir notre souveraineté technologique et notre compétitivité industrielle
- Relever les défis scientifiques et sociétaux actuels (changement climatiques, transition énergétique, santé, transport, matériaux, IA, ...)

## ➤ Quelques défis liés au projet :

- Adapter le TGCC dans un contexte opérationnel (Joliot-Curie, CCRT, Quantique, ...)
- Réussir l'intégration de technologies matérielles et logicielles européennes
- Exploiter efficacement le supercalculateur
  - Simplifier le passage à l'échelle et la portabilité des applications, pérenniser les solutions proposées
  - Avoir des communautés en phase avec la vie de la machine exascale, faire émerger des success stories
  - Contribuer à optimiser la consommation énergétique