



Département **Énergie**

## Présentation de l'option **Énergie / Fluides**

28 septembre 2021 ~ Emmanuel Plaut

1 Philosophie : pourquoi ? pour qui ?

2 Modules 2A

3 Bonus 2A

- 1 voire 2 conférences fin novembre autour d'**énergies renouvelables** ?
- Bureau d'études **hydroélectricité** début février

4 Modules 3A

5 Conclusion

## 1 L'option **Énergie** / Fluides : pourquoi ? pour qui ?

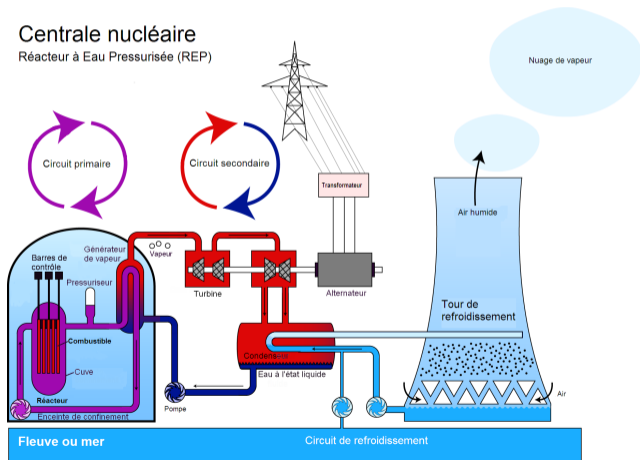
- Les **systemes énergétiques** au sens large ont souvent besoin de **systemes fluides**, qu'il faut « optimiser » pour **économiser l'énergie** et limiter les **impacts environnementaux**.
- Pour la **transition énergétique** développer les **énergies « fluides »**, **renouvelables** et « propres », **hydraulique** et **éolienne**.

[ Décret d'avril 2020 relatif à la programmation pluriannuelle de l'énergie  
[www.legifrance.gouv.fr/eli/decret/2020/4/21/TRER2006667D/jo/texte](http://www.legifrance.gouv.fr/eli/decret/2020/4/21/TRER2006667D/jo/texte) ]

- Il faut des **jeunes** qui s'intéressent à la **thermomécanique des fluides** au sens large !

# 1 L'option **Énergie** / Fluides : pourquoi ?

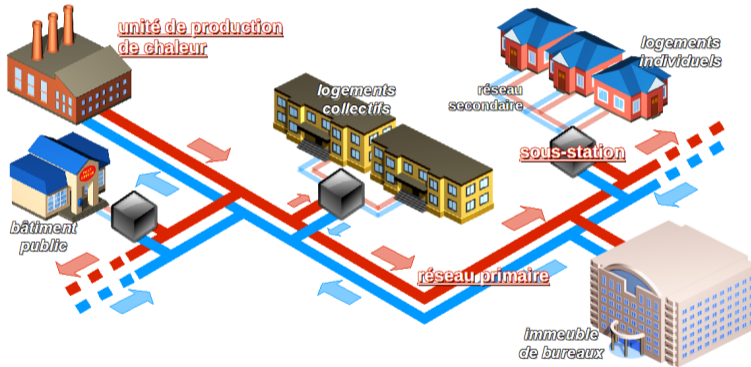
La « **production** » d'**énergie** implique souvent des **systèmes** ou **boucles fluides**.  
Une **centrale nucléaire** utilise **3 boucles fluides principales** :



[ Kuntoff 2009 Wikipedia ]

# 1 L'option **Énergie** / Fluides : pourquoi ?

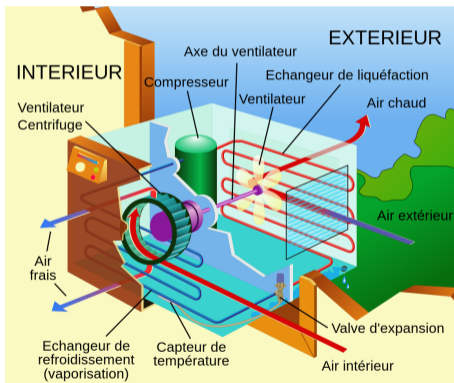
Le **transport d'énergie thermique** utilise des « **réseaux de chaleur** » fluides :



[ Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement ]

# 1 L'option **Énergie / Fluides** : pourquoi ?

En « **Chauffage, ventilation et climatisation** » on a aussi des systèmes « **thermofluides** », par exemple, dans et autour de ce **climatiseur** :



[ Wikipedia ]

# 1 L'option **Énergie** / Fluides : pourquoi ?

Certaines **énergies renouvelables** sont spécifiquement « **fluides** » :  
l'**énergie hydraulique** :



[ STEP de Revin, photo Airdiasol pour EDF ]

## 1 L'option **Énergie** / Fluides : pourquoi ?

Certaines **énergies renouvelables** sont spécifiquement « **fluides** » :  
l'**énergie hydraulique** et l'**énergie éolienne** :



[ [FINO 3 Wind energy research platform](#) ]

## Pour la **transition**, développer ces **énergies fluides renouvelables**, qui sont aussi relativement **propres** !

Etude 2014 du GIEC sur les émissions de CO2 des différentes sources d'électricité

Émissions en grammes de CO2 par kilowattheure (gCO2eq/kWh)<sup>1,2</sup> par ordre  
décroissant de **la valeur médiane**.

Technologie	↕ Min. ↕	Médiane ↕	Max. ↕
<b>Technologies actuellement disponibles</b>			
Charbon	740	820	910
Biomasse combinée au charbon	620	740	890
Gaz - cycle combiné	410	490	650
Biomasse seule	130	230	420
Panneaux solaires à grande échelle	18	48	180
Panneaux solaires sur toits	26	41	60
Géothermie	6.0	38	79
Energie solaire concentrée	8.8	27	63
Hydroélectricité	1.0	24	2200 <sup>1</sup>
Eolien en mer	8.0	12	35
Nucléaire	3.7	12	110
Eolien terrestre	7.0	11	56

[ [Wikipedia Émission de gaz à effet de serre par source d'énergie électrique](#) ]



## Développer l'énergie hydraulique

- À l'international, aux « grandes échelles ».
- En France, aux échelles « petite », « mini » et « micro » :

$$10 \text{ MW} \geq P_{\text{petit}} \geq 2 \text{ MW} \geq P_{\text{mini}} \geq 500 \text{ kW} \geq P_{\text{micro}} \geq 20 \text{ kW},$$

cf. **Quentin Morel** (prom08)

dans la tranchée en chantier d'une conduite forcée d'une future centrale de 3,7 MW :



## Développer l'énergie éolienne

- À l'international, **offshore** et **onshore**, cf. **Anaïs Paulin** (prom15)



- En France, surtout **offshore**, un peu moins **onshore**, quoique le **'repowering'** arrive !..



## 1 L'option **Énergie** / Fluides : pour qui ?



Ceux d'entre **vous** qui, s'intéressant aux **fluides**, envisagent de travailler sur les **systèmes fluides (pour l'énergie)**, les **énergies fluides**, etc. et seraient intéressés par un (1<sup>er</sup>) emploi chez



## 2 Modules S8

Semestre 8		
S8.1	S8.2	S8.3
Turbomachines - Énergies hydraulique et éolienne 💧 (🌿)	Systèmes fluides pour la conversion énergétique 💧 (♻️)	Génie électrique ♻️ (💧)
Évaluation des impacts environnementaux ♻️ (🌿)	Approche systémique des réacteurs 🌿 (♻️)	Traitement de l'eau et des déchets 🌿 (💧)

[http://energie.mines-nancy.univ-lorraine.fr/energie\\_parcours.html](http://energie.mines-nancy.univ-lorraine.fr/energie_parcours.html)

## 2.1 Turbomachines - Énergies hydraulique et éolienne

Mathieu Jenny

- Équilibrage des turbomachines
- Pompes
- Turbines hydrauliques
- Éoliennes
- TP expérimental à l'ensem : turbines Pelton et éoliennes



[ Turbine Kaplan d'EDF ]



[ GEs' Haliade-X ]

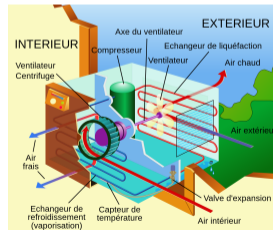
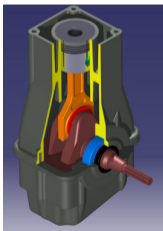


[ Turbine Pelton de l'ENSEM ]

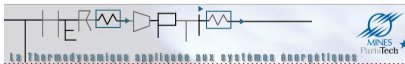
## 2.2 Systèmes fluides pour la conversion énergétique

Vincent Schick

- Combustion, moteurs, turbines à gaz, applications aéronautiques
- Turbines à vapeur
- Cycles combinés : cogénération, trigénération
- Production de froid & conditionnement d'air



- TP numériques avec



## 3.1 En bonus 2A dès la semaine départementale de fin novembre

- Conférence de **Thomas Duc ingénieur R&D**   
« **Énergie** / **fluides** en contexte industriel : l'exemple de l'**énergie éolienne** et d'ENGIE »
  
- Conférence de **Corentin Dauvergne directeur de projets**   
« Développement des **énergies éolienne** et **solaire** : l'exemple d'EDF Renouvelables » ?

## 3.2 En bonus 2A début février

- Bureau d'études **Hydroélectricité**



**Quentin Morel** (prom08)  
**Responsable Construction**  
**Hydroélectricité**





## 4 Modules S9

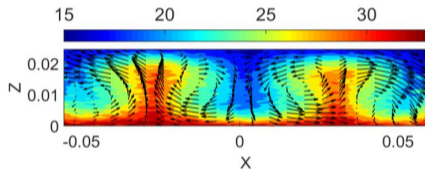
Semestre 9					
1er trimestre			2ème trimestre		
S9.1	S9.2	S9.3	S9.4	S9.5	S9.6
Combustion	Transition to turbulence	Open Codes for Fluid Dynamics	Analyse environnementale des filières énergétiques	Turbulence and wind energy	Electric energy management
			Transferts en écoulements multiphasiques		Comportement des phases dispersées

## 4.1 Transition to turbulence in thermoconvection and aerodynamics

### Emmanuel Plaut

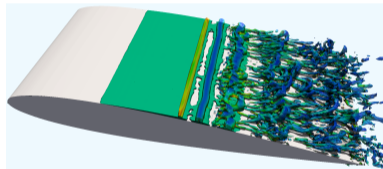
How does a flow goes complex or turbulent as a control parameter changes?

- **Thermoconvection**



[ Leclerc & Métivier 2018 ]

- **Open shear flows**



[ Tangermann & Klein 2019 ]

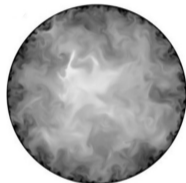
- Weakly nonlinear stability & bifurcation theory
- ▷ Use **Mathematica** for symbolic and mixed symbolic/numeric computations - spectral method to solve boundary value PDEs

## 4.2 Turbulence and wind energy (WE)

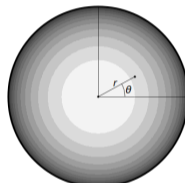
Emmanuel Plaut & Michael Hölling from U. Oldenburg!

- **Turbulence** models for engineering : RANS models

Do not compute the **instantaneous velocity** but only the **mean velocity** :



[ El Khoury et al. 2013 ]

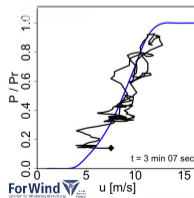


[ Gisselbrecht & Plaut 2015 ]

- **Aerodynamics / Stochastic models for WE**

- Rotor blade **aerodynamics**
- **Wind field and turbulence**
- IEC **power** curve/**production**, stochastic **power** curve

▷ Use **Matlab / R** to dig into DNS or experimental databases

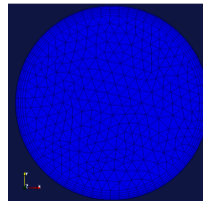
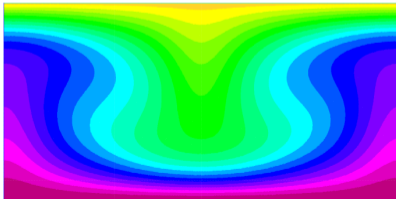


[ Milan, Wächter & Peinke 2013 ]

## 4.3 Open CFD = Open Codes for Fluid Dynamics

### Mathieu Jenny

- General presentation of CFD simulations - Review of main numerical methods for CFD
- ▷ The finite elements code **FREEFEM++** as a tool to solve specific research & development problems
- ▷ The finite volumes code **OpenFOAM** to introduce parallel computing
- Applications : **thermoconvection**, **pipe flows of non-newtonian or turbulent fluids**



Conclusion : l'option **Énergie / Fluides**

Semestre 8		
S8.1	S8.2	S8.3
Turbomachines – Énergies hydraulique et éolienne 💧 (🌀)	Systèmes fluides pour la conversion énergétique 💧 (♻️)	Génie électrique ♻️ (💧)
Évaluation des impacts environnementaux ♻️ (🌀)	Approche systémique des réacteurs 🌀 (♻️)	Traitement de l'eau et des déchets 🌀 (💧)

Semestre 9					
1er trimestre			2ème trimestre		
S9.1	S9.2	S9.3	S9.4	S9.5	S9.6
Combustion	Transition to turbulence	Open Codes for Fluid Dynamics	Analyse environnementale des filières énergétiques	Turbulence and wind energy	Electric energy management
			Transferts en écoulements multiphasiques		Comportement des phases dispersées

est conçue pour ceux d'entre **vous** qui, s'intéressant aux **fluides**, envisagent de travailler sur les **systèmes fluides (pour l'énergie)**, les **énergies fluides**, etc. via un (1<sup>er</sup>) emploi chez...



...