



Département **Énergie**

## Présentation du parcours **Énergie / Fluides**

23 novembre 2020 ~ Emmanuel Plaut

**1 Philosophie : pourquoi ? pour qui ?**

**2 Modules 2A**

**3 Bonus 2A**

- 1 conférence dès le 3 décembre
- 2 projets quasi sûrs pour la semaine « département / parcours » de mars

**4 Modules 3A**

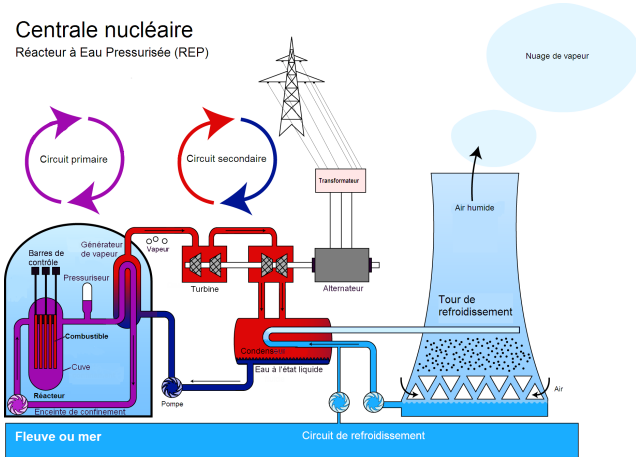
**5 Conclusion**

# 1 Le parcours **Énergie** / Fluides : pourquoi ? pour qui ?

- Les **systèmes énergétiques** au sens large ont souvent besoin de **systèmes fluides**, qu'il convient d'« optimiser » pour **économiser l'énergie** et limiter les **impacts environnementaux**.
- La **transition énergétique** requiert le développement d'énergies « **fluides** » **renouvelables** et « **propres** », les **énergies hydraulique** et **éolienne**.
- Il faut des **jeunes** qui s'intéressent à la **thermomécanique des fluides** au sens large !

# 1 Le parcours Énergie / Fluides : pourquoi ?

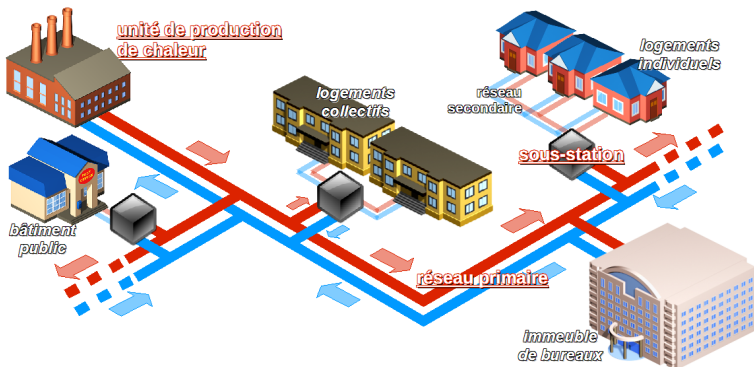
La « production » d'énergie implique souvent des  **systèmes ou boucles fluides** .  
Une  **centrale nucléaire**  utilise  **3 boucles fluides principales**  :



[ Kuntoff 2009 Wikipedia ]

# 1 Le parcours Énergie / Fluides : pourquoi ?

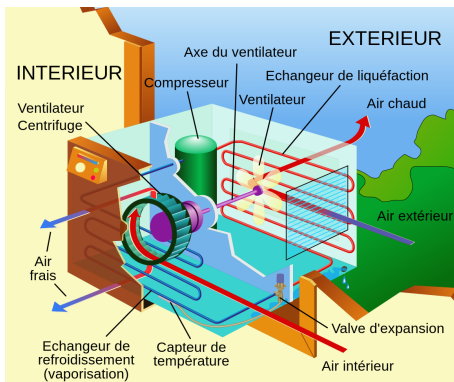
Le transport d'énergie thermique utilise des « réseaux de chaleur » fluides :



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

# 1 Le parcours **Énergie / Fluides** : pourquoi ?

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



[ Wikipedia ]

# 1 Le parcours **Énergie** / Fluides : pourquoi ?

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



[ STEP de Revin, photo Airdiasol pour EDF ]

# 1 Le parcours **Énergie** / Fluides : pourquoi ?

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



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

## Pour accomplir la **transition**, il faut 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](#) ]



## Il faut développer l'énergie hydraulique !

- Aux « grandes échelles », à l'international ;
- 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. l'exemple de Quentin Morel (prom08) en 2012

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



# Il faut développer l'énergie éolienne !



[Accueil](#) / [Actualités](#) / [En Bref](#) / Stratégie énergie-climat pour 2028 : plus de renouvelables et moins de nucléaire

[En bref](#)

## Stratégie énergie-climat pour 2028 : plus de renouvelables et moins de nucléaire

ECONOMIE

SOCIÉTÉ

Favoriser les énergies renouvelables, diminuer la part du nucléaire dans la production d'électricité... Deux décrets viennent de fixer la Programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) et la Stratégie nationale bas-carbone (SNBC) de la France à l'horizon 2028 avec comme objectif final la neutralité carbone en 2050.

Publié le 4 mai 2020 à 17h39

 3 minutes



Par [La Rédaction](#)

[ [www.vie-publique.fr/en-bref/274237-ppe-snbc-la-nouvelle-strategie-energie-climat-de-la-france-pour-2028](http://www.vie-publique.fr/en-bref/274237-ppe-snbc-la-nouvelle-strategie-energie-climat-de-la-france-pour-2028) ]

## Il faut développer l'énergie éolienne !

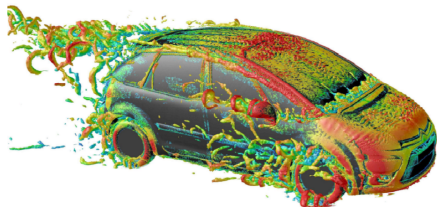
Objectifs de développement de la **production d'électricité d'origine renouvelable en France métropolitaine continentale** :

Puissance installée au 31/12 (en GW)	2023	2028	
		Option Basse	Option Haute
Energie éolienne terrestre	24,1	33,2	34,7
Energie radiative du soleil	20,1	35,1	44,0
Hydroélectricité (dont énergie marémotrice)	25,7	26,4	26,7
Eolien en mer	2,4	5,2	6,2
Méthanisation	0,27	0,34	0,41

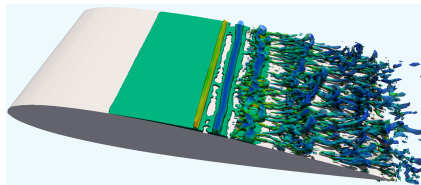
**Énergie éolienne** terrestre - option haute : environ **2200** éoliennes de 5 MW comme les Siemens Gamesa 5.X ( $d_{\text{rotor}} \simeq 170$  m,  $P \simeq 5,8$  MW) !

# 1 Le parcours **Énergie** / Fluides : pourquoi ?

La **mécanique des fluides** a aussi des applications « **non énergétiques** », par exemple en **aérodynamique**...



[ PSA 2011 ]



[ Tangermann & Klein 2019  
[www.unibw.de/numerik](http://www.unibw.de/numerik) ]

# 1 Le parcours **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)

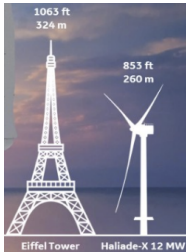
## 2.1 Turbomachines - Énergies hydraulique et éolienne

Mathieu Jenny

- Équilibrage des turbomachines
- Pompes
- Turbines hydrauliques
- Éoliennes
- TP expérimental à l' **ENSEM** : turbine Pelton ou éoliennes  
ÉCOLE DE L'ÉNERGIE



[ Turbine Kaplan d'EDF ]



[ GE's Haliade-X ]

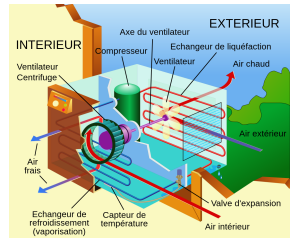
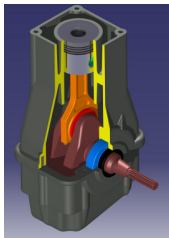


[ Turbine Pelton de l'ENSEM ]

## 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 prochaine

Visioconférence jeudi 3 décembre 14h-16h

« **Énergie** / **fluides** en contexte industriel :  
l'exemple de l'**énergie éolienne** et d'**ENGIE** »

**Thomas Duc**  
Ingénieur R&D



## 3.2 En bonus 2A en semaine « département / parcours » de mars ?

- Présentation du **métier d'ingénieur développement - chef de projet** en **énergies renouvelables**

Sarah Demerseman



- Bureau d'études **Hydroélectricité**



Quentin Morel  
(prom08)



## 4 Modules S9

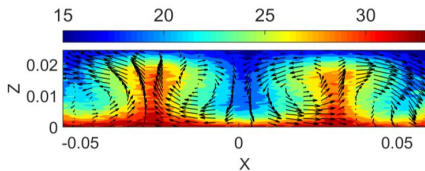
Semestre 9					
1er trimestre			2ème trimestre		
S9.1	S9.2	S9.3	S9.4	S9.5	S9.6
Combustion	Transition to turbulence	Open Codes for Fluid Dynamics	Analyse environnementale des filières énergétiques	Turbulence and wind energy	Electric energy management
			Transferts en écoulements multiphasiques		Comportement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

## 4.1 Transition to turbulence in **thermo**convection and aerodynamics

Emmanuel Plaut

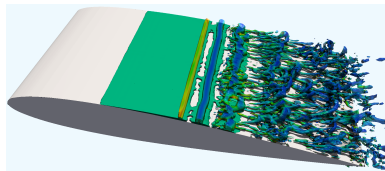
How does a **flow** goes **complex** or **turbulent** as a control parameter changes ?

- **Thermoconvection**



[ Leclerc & Métivier 2018 ]

- **Open shear flows**



[ Tangemann & Klein 2019 ]

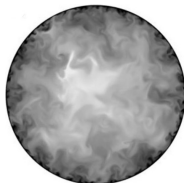
- Weakly nonlinear stability & bifurcation theory.
- ▷ Use **Mathematica** for symbolic and mixed symbolic/numeric computations - spectral method to solve boundary value PDEs.

## 4.2 Turbulence and wind energy (WE)

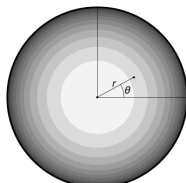
Emmanuel Plaut & Michael Hölling from U. Oldenburg !

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

Idea: do not compute the **instantaneous velocity** but only the **mean velocity**:



[ El Khoury et al. 2013 ]

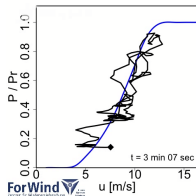


[ Gisselbrecht & Plaut 2015 ]

- **Aerodynamics / Stochastic models for WE**

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

▷ Use **Matlab / R** to dig in DNS or expe. databases.

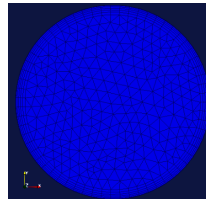
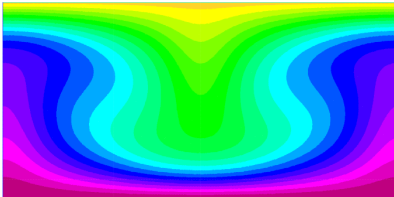


[ Milan, Wächter & Peinke 2013 ]

## 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**.



## En conclusion, le **parcours 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 conçu 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 en Recherche & Développement & Études chez...



<http://energie.mines-nancy.univ-lorraine.fr/fluides>