



Département Énergie

Présentation du parcours **Énergie** / Fluides

18 novembre 2019 ~ Emmanuel Plaut

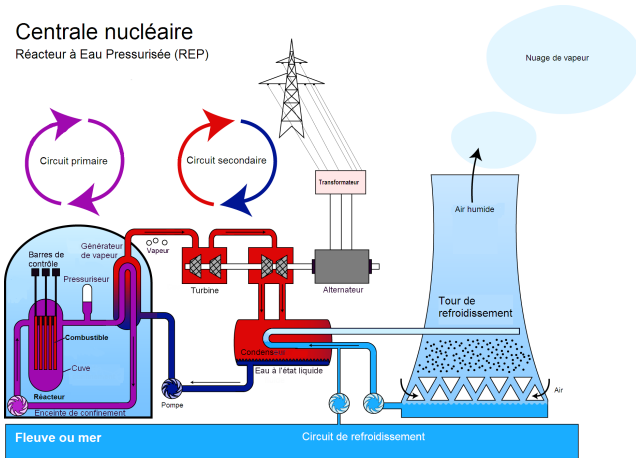
- 1 Philosophie : pourquoi ? pour qui ?
- 2 Modules 2A
- 3 Voyage d'études et bureau d'études en 2A
- 4 Modules 3A
- 5 Conclusion

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 »**, 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 :

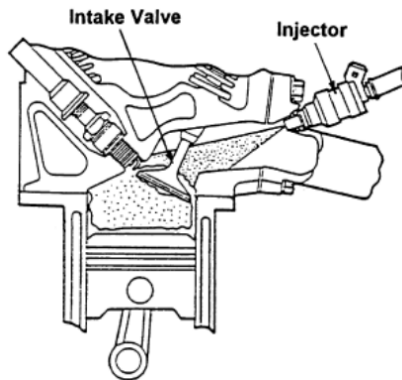


[Kuntoff 2009 Wikipedia]

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

La **conversion d'énergie** implique souvent des **systèmes fluides**.

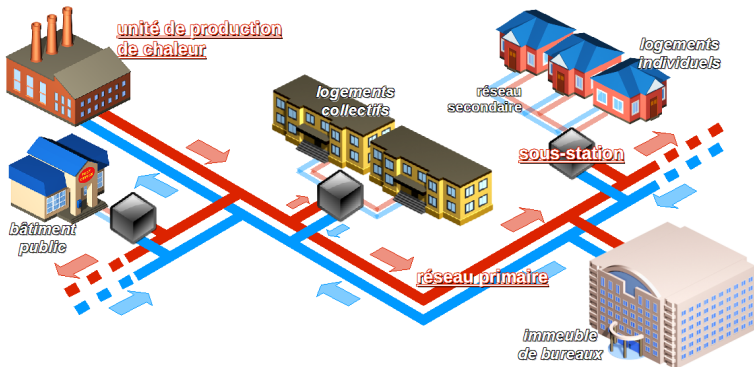
Un **moteur à combustion** utilise un **carburant liquide** qu'il faut **atomiser et vaporiser** en le **mélangeant** à de l'**air gazeux** pour le **brûler** :



[Zhao, Lai, Harrington 1999 *Progress in Energy and Combustion Science* 25]

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

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



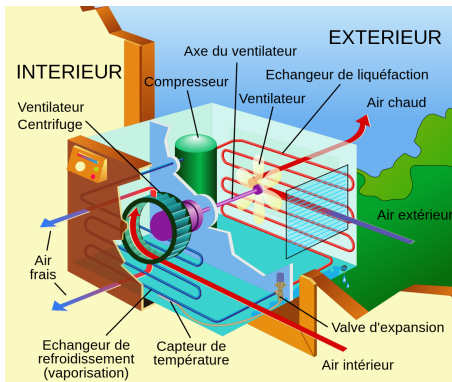
[Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement]

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 les **transitions**, il faut développer ces **énergies fluides** !

Lifecycle estimates for electricity generators

Technology	Capacity/configuration/fuel	Estimate (gCO ₂ e/kWh)
Wind	2.5 MW, offshore	9
Hydroelectric	3.1 MW, reservoir	10
Wind	1.5 MW, onshore	10
Biogas	Anaerobic digestion	11
Hydroelectric	300 kW, run-of-river	13
Solar thermal	80MW, parabolic trough	13
Biomass	Forest wood Co-combustion with hard coal	14
Biomass	Forest wood steam turbine	22
Biomass	Short rotation forestry Co-combustion with hard coal	23
Biomass	FOREST WOOD reciprocating engine	27
Biomass	Waste wood steam turbine	31
Solar PV	Polycrystalline silicone	32
Biomass	Short rotation forestry steam turbine	35
Geothermal	80MW, hot dry rock	38
Biomass	Short rotation forestry reciprocating engine	41
Nuclear	Various reactor types	66
Natural gas	Various combined cycle turbines	443
Fuel cell	Hydrogen from gas reforming	664
Diesel	Various generator and turbine types	778
Heavy oil	Various generator and turbine types	778
Coal	Various generator types with scrubbing	960

[Pehnt 2008 *Renewable Energy* ; Sovacool 2018 *Energy Policy*]

Pour accomplir les **transitions**, il faut développer ces **énergies fluides** !

- L'**énergie hydraulique** peut se développer à l'international !
- Elle peut encore se développer, 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 :



[[page des anciens élèves du département É&F](#)]

Pour accomplir les transitions, il faut développer ces énergies fluides !



Ministère de la Transition
écologique et solidaire



Actualités

Politiques publiques

Ministère



Présentation de la
technologie

Chiffres clés

Cadre réglementaire

Enjeux liés au
développement de
l'éolien terrestre

Le groupe de travail
national éolien

L'appel d'offres "éolien
terrestre"

Accueil → Politiques publiques / de A à Z → Énergies → Énergies renouvelables et de récupération → **Éolien terrestre**

Éolien terrestre



Le Lundi 7 octobre 2019

Une éolienne est un dispositif qui permet de convertir l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique. Cette énergie est ensuite transformée dans la plupart des cas en électricité. La France possède le deuxième gisement éolien européen après la Grande-Bretagne. Un développement important de l'énergie éolienne en France est attendu pour répondre aux objectifs fixés par la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte et par la Directive Européenne sur les Énergies Renouvelables.

www.ecologie-solidaire.gouv.fr/eolien-terrestre

Pour accomplir les transitions, il faut développer ces énergies fluides !

Objectifs de la **filière éolien terrestre** d'après le ministère :

La programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE), qui décline les objectifs prévus par la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte a fixé pour l'éolien terrestre les objectifs suivants :

Échéance	Puissance installée
31/12/18	15 000 MW
31/12/23	Option basse : 21 800 MW
	Option haute : 26 000 MW

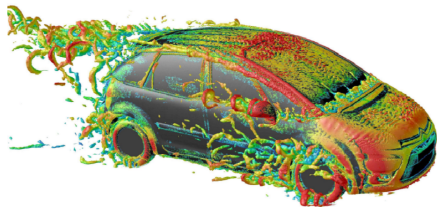
soient dans l'option haute environ **2200 éoliennes** de 5 MW, des Siemens Gamesa 5.X conviendraient... ($d_{\text{rotor}} \simeq 170$ m, $P \simeq 5,8$ MW)

De belles perspectives aussi en **éolien maritime**, cf.

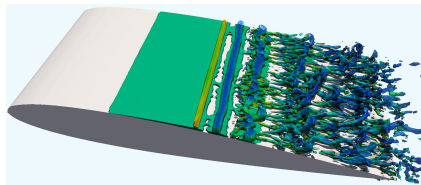
www.ecologique-solidaire.gouv.fr/eolien-en-mer-0 !..

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]

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 visent un (1^{er}) emploi chez



BDR THERMEA GROUP



altran



setec ...

2 Modules S8

S8.1	S8.2	S8.3
Turbomachines – Énergies hydrauliques et éoliennes 💧 (🌿)	Systèmes fluides pour la conversion énergétique 💧 (♻️)	Génie électrique ♻️ (💧)
Évaluation des impacts environnementaux ♻️ (🌿)	Approche systémique des réacteurs 🌿 (♻️)	Traitement de l'eau et des déchets ou Nucléaire civil 🌿 (💧)

- 💧 Fluides
- ♻️ Transition énergétique
- 🌿 Procédés et environnement

http://energie.mines-nancy.univ-lorraine.fr/energie_parours.html

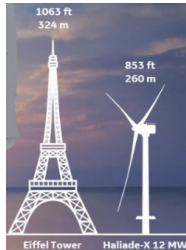
2.1 Turbomachines - Énergies hydraulique et éolienne

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]



[**GEs' Haliade-X**]

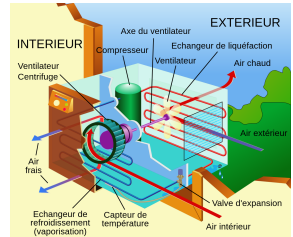
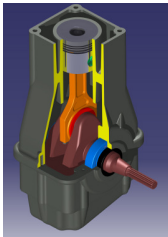


[Turbine Pelton de l'ENSEM]

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 Voyage d'études et bureau d'études en 2A

Pendant la **semaine parcours de mars 2020** :

- Visite à  **SAFRAN Aircraft Engines**



3 Voyage d'études et bureau d'études en 2A

Pendant la **semaine parcours de mars 2020** :

- **Visite d'une centrale hydroélectrique**



ou



- **Bureau d'études Hydroélectricité / mécénat**



par **Quentin Morel**



(prom08)

4 Modules S9

S9.1	S9.2	S9.3	S9.4	S9.5	S9.6
Transition to turbulence 💧 (♻️)	Marchés de l'énergie et de l'environnement ♻️ (🌿)	Analyse environnementale des filières énergétiques ♻️ (💧)	Transferts thermiques appliqués 💧 (🌿)	Optimisation énergétique 🌿 (♻️)	Electric energy management ♻️ (💧)
Combustion 🌿 (♻️)	Open Codes for Fluid Dynamics 💧 (🌿)	Transferts en écoulements multiphasiques 🌿 (💧)	Biomasse énergie ♻️ (🌿)	Turbulence and wind energy 💧 (♻️)	Comportement des phases dispersées 🌿 (💧)

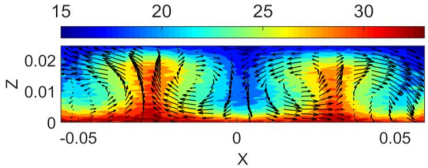
- 💧 Fluides
- ♻️ Transition énergétique
- 🌿 Procédés et environnement

4.1 Transition to turbulence in thermoconvection and aerodynamics

Emmanuel Plaut

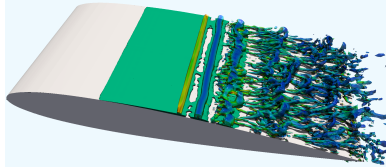
How does a flow goes complex or turbulent as a control parameter changes ?

Thermoconvection




[Leclerc & Métivier 2018]

Open shear flows



[Tangermann & Klein 2019]

↪ Weakly nonlinear stability & bifurcation theory

↪ Formal and numerical computations with  **Mathematica**

4.2 Turbulence and wind energy (WE)

Emmanuel Plaut & Michael Hölling

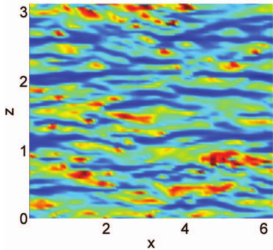


Turbulence models for CFD

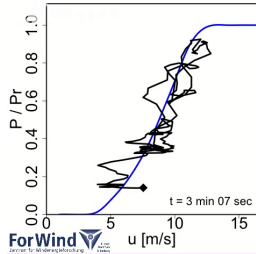
- RANS models
- LES
- Hybrid methods

Aerodynamics / Stochastic models for WE

- Rotor blade aerodynamics
- Wind field and turbulence
- IEC power curve/product°, stochastic power curve



[Heinz & Gopalan 2012]



[Milan, Wächter & Peinke 2013]


4.2 Turbulence and wind energy (WE)

Michael Hölling...



...sera à Nancy du 24 au 27 février,
et donnera jeudi 27 février à 14h une conférence générale

Wind Energy and the Need to Understand Turbulence...

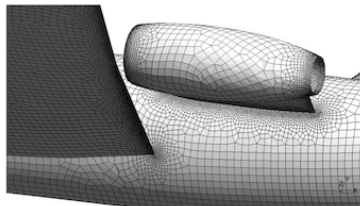
À cette occasion vous pourrez candidater pour des stages 2A à  !



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**
used with the mesh generator **Gmsh**
↔ introduction to parallel computing



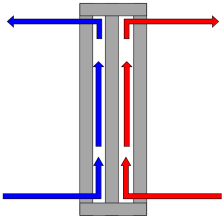
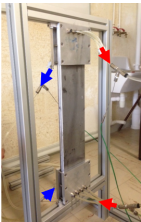
4.4 Transferts thermiques appliqués

Vincent Schick

- Méthodes avancées pour la résolution de **problèmes thermiques** :
 - Analogie électrique
 - Méthode convolutive
 - Méthodes semi-analytiques programmées avec



- TP expérimentaux :
 - **Thermographie infrarouge**
 - **Méetrologie thermique**
 - **Pompe à chaleur thermoélectrique**
 - **Échangeur de chaleur** →



- Conférence sur une **problématique thermique industrielle**.

En conclusion, le parcours **Énergie / Fluides**

S8.1	S8.2	S8.3
Turbomachines – Énergies hydrauliques et éoliennes 💧 (🌀)	Systèmes fluides pour la conversion énergétique 💧 (♻️)	Génie électrique ♻️ (💧)
Évaluation des impacts environnementaux ♻️ (🌀)	Approche systémique des réacteurs 🌀 (♻️)	Traitement de l'eau et des déchets ou Nucléaire civil 🌀 (💧)

+ Bureau d'études Hydroélectricité

S9.1	S9.2	S9.3	S9.4	S9.5	S9.6
Transition to turbulence 💧 (♻️)	Marchés de l'énergie et de l'environnement ♻️ (🌀)	Analyse environnementale des filières énergétiques ♻️ (💧)	Transferts thermiques appliqués 💧 (🌀)	Optimisation énergétique 🌀 (♻️)	Electric energy management ♻️ (💧)
Combustion 🌀 (♻️)	Open Codes for Fluid Dynamics 💧 (🌀)	Transferts en écoulements multiphasiques 🌀 (💧)	Biomasse énergie ♻️ (🌀)	Turbulence and wind energy 💧 (♻️)	Comportement des phases dispersées 🌀 (💧)

permet d'acquérir un bon bagage en **thermomécanique des fluides** pour des applications en systèmes fluides et **énergies fluides**



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