



SMAGRINET
POWERING SMART GRID
EXPERTISE IN EUROPE

TRAIN THE TRAINERS WORKSHOP – ULOR

**Module 2 : Economic operation and
societal challenges**



1. Introduction
2. Lectures
3. Exercises sessions
4. Students works
5. Students feedback

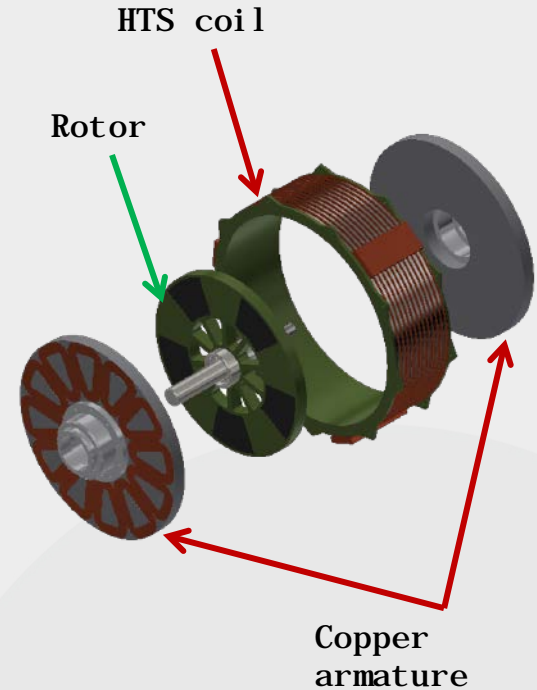


Introduction



Who am I? (the teacher)

- Dorget Rémi
Current position: PhD student in ULOR
Research topic: Superconducting machines for aircrafts
Master degree EEA in ULOR (same as students)
- The ULOR economics specialized professors solicited for this module have declined:
 - The module was out of their scope.
 - Their teaching schedule was too busy.
- Basic economic notions during prior academic path.
- Not a specialized profile on this topic.
- Interested in making the link between my skills in electrical engineering and the related societal issues.

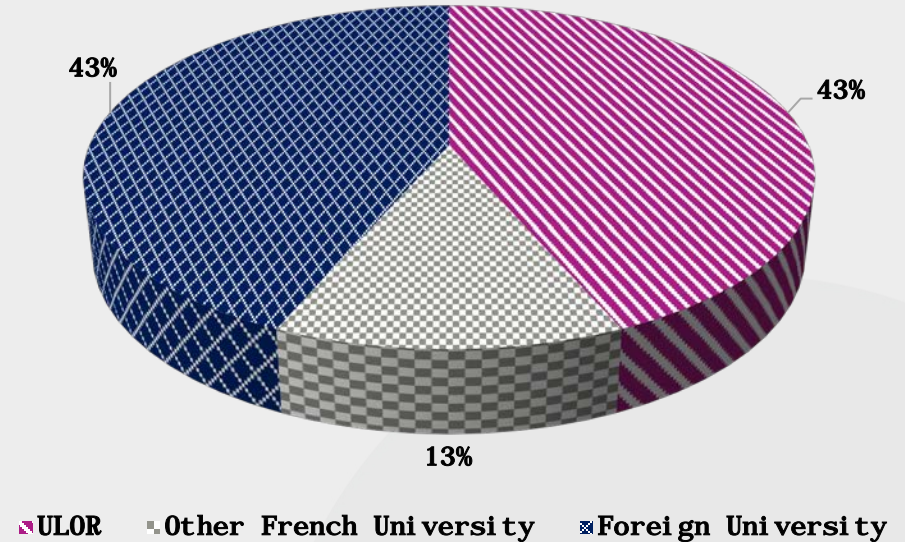




Who are the students?

- The students are in first year of master degree at ULOR.
- Highly international background.
- Most of them have a bachelor degree in electrical engineering.

University of origin (bachelor degree)





Master EEA

- The students are from master EEA (Electronics, Electrical energy and Automatics), they follow the Electrical Energy specialty
 - The hours mentioned only concern the physical presence of students with a lecturer
 - First year of master's degree: 1st semester (275h, 30 ECTS), 2nd semester (275h, 30 ECTS)
- 1st semester (275h, 30 ECTS)
 - Language and Professionalization Courses (50h)
 - General information on electrical energy and its distribution (30h)
 - Calculation tools for electrical engineering devices (45h)
 - Electromechanical conversion (30h)
 - 3 among 4 {Analog electronics (30h), Automatic (30h), Micro-nano systems sensors (30h), Power electronics (30h)}
 - Practical electrical engineering work (30h)



Master EEA

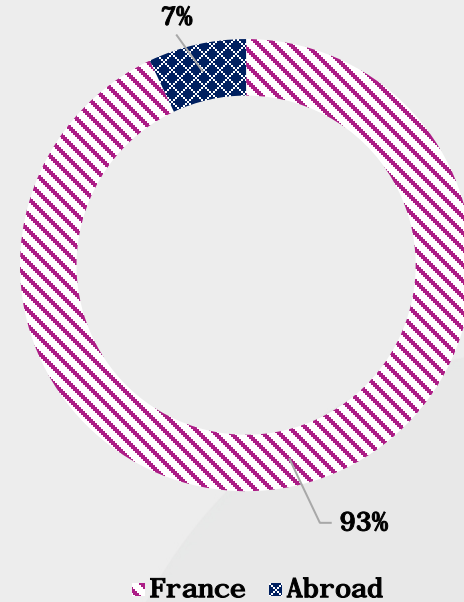
- The students are from master EEA (Electronics, Electrical energy and Automatics), they follow the Electrical Energy specialty
 - The hours mentioned only concern the physical presence of students with a lecturer
 - First year of master's degree: 1st semester (275h, 30 ECTS), 2nd semester (275h, 30 ECTS)
- 2nd semester (275h, 30 ECTS)
 - Language and Professionalization Courses (50h)
 - Power electronics (45h)
 - Modelling of electrical circuits (30h)
 - Asynchronous machine (30h) + Synchronous machine (45h)
 - Applied hydraulics and thermodynamics (30h)
 - Practical electrical engineering work (45h)



Employability and vocational integration

- Largest share of the students work in France after graduation
- They usually occupy electrical engineer positions
- Only 2 % start a PhD program after graduation
- Median wage after taxes: €2,100/month

Workplace after graduation





Lectures





I. Energy Policy (28 slides)

- Definition of the energy policy and the areas it covers.
- Main issues facing the EU energy sector : Dependency import and climate change.
- EU goals and acts for energy security, renewable energy development.
- The students have to understand the European energy situation and what energy policy is the UE pursuing.



Greenhouse Gas Emissions

2020	2030
-20%	≥-40%



Climate in EU-funded programmes 2014-2020

2020	2030
20%	25%



Renewable Energy

2020	2030
20%	≥32%



Interconnection

2020	2030
10%	15%



Energy Efficiency

2020	2030
20%	≥32.5%



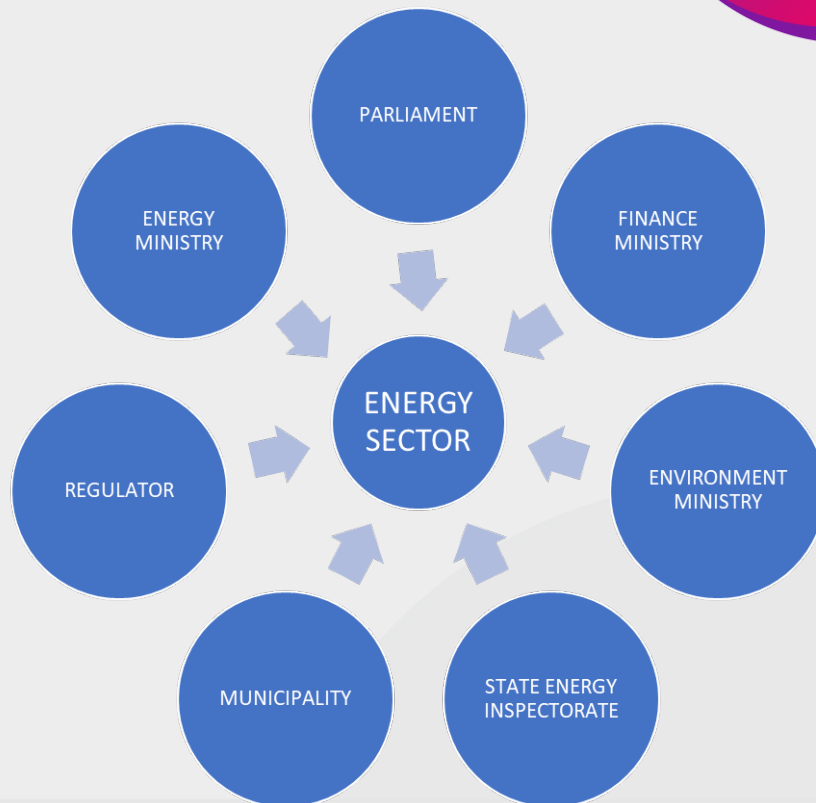
CO2 from :

Cars	Vans	Lorries
2030		
-37.5%	-31%	-30%



II. Power sector regulation – Energy Policy (38 slides)

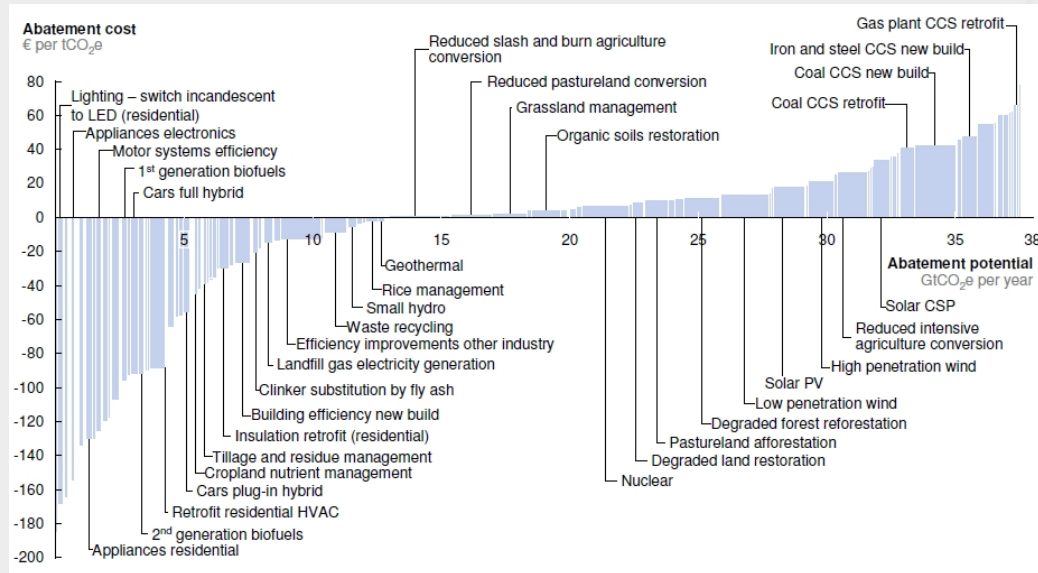
- List of the European institutions dealing with the energy sector and their history.
- Steps toward and unified European energy market
- Why regulation is needed on the energy market?
- The students must understand the organization of the energy market and its regulation.





III. Environmental issues – Societal transmission challenges (33 slides)

- The link between energy sector and climate change.
- Measures (societal and technological) that can reduce the CO₂ emissions from the energy sectors.
- The students will understand the environmental impact of energy sector and what are the actions to solve this problem.



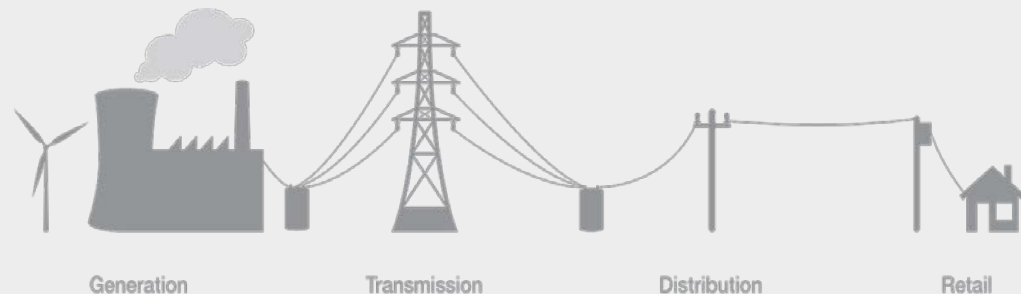


IV. Power sector regulation – Electricity prices (41 slides)

- Organisation of the energy market structure.
- Basics of microeconomics: supply and demand, social welfare.
- Network price regulation methods.

The students must remember:

- The role of each actor (TSO, DSO, producer, retailer).
- The way prices are fixed on a market.



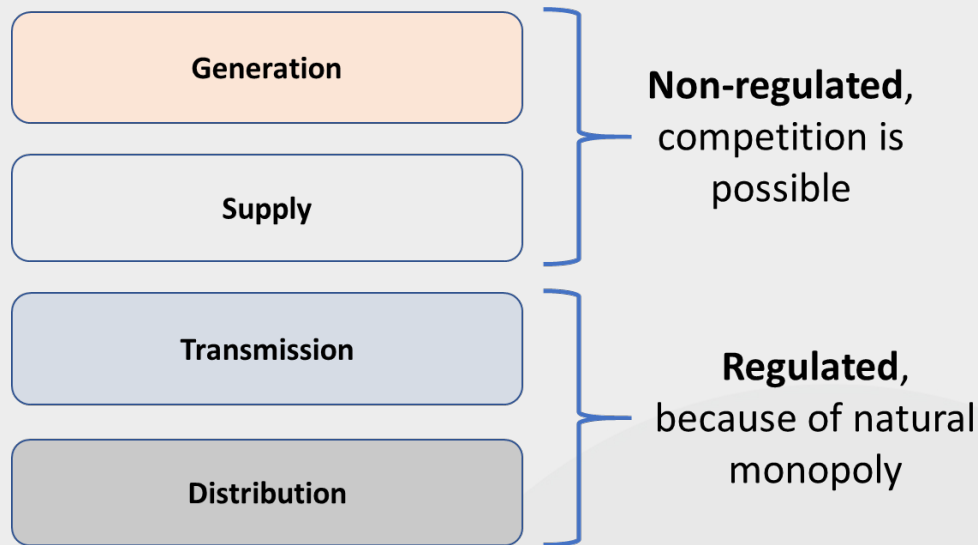


V. Electricity market – Pricing model (36 slides)

- The composition of the end user electricity prices.
- Calculation of revenue requirement for regulated activities.

The students must know:

- Which actors are regulated.
- How to use business concepts such as OPEX, CAPEX, etc for energy sector actors.



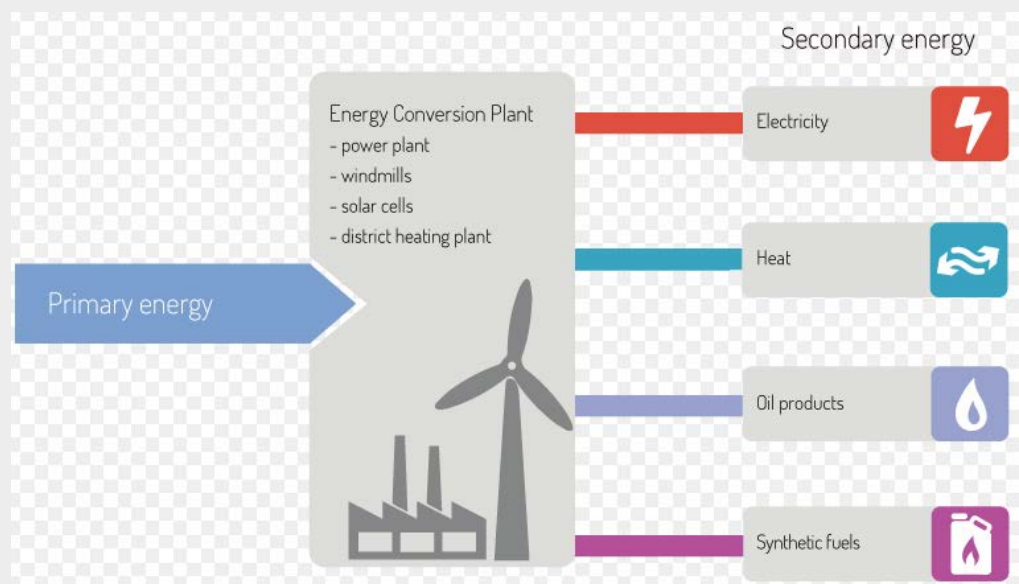


VI. Long-term energy demand forecasting (66 slides)

- The concept of energy balance.
- Information and statistics required for energy demand forecasting.
- Description of some forecasting methods.

The students must remember:

- The composition of the energy balance (primary energy, final energy, etc).
- The relationship between energy consumption and economic development.
- Which factors influence the energy balance (elasticities, population, GDP).



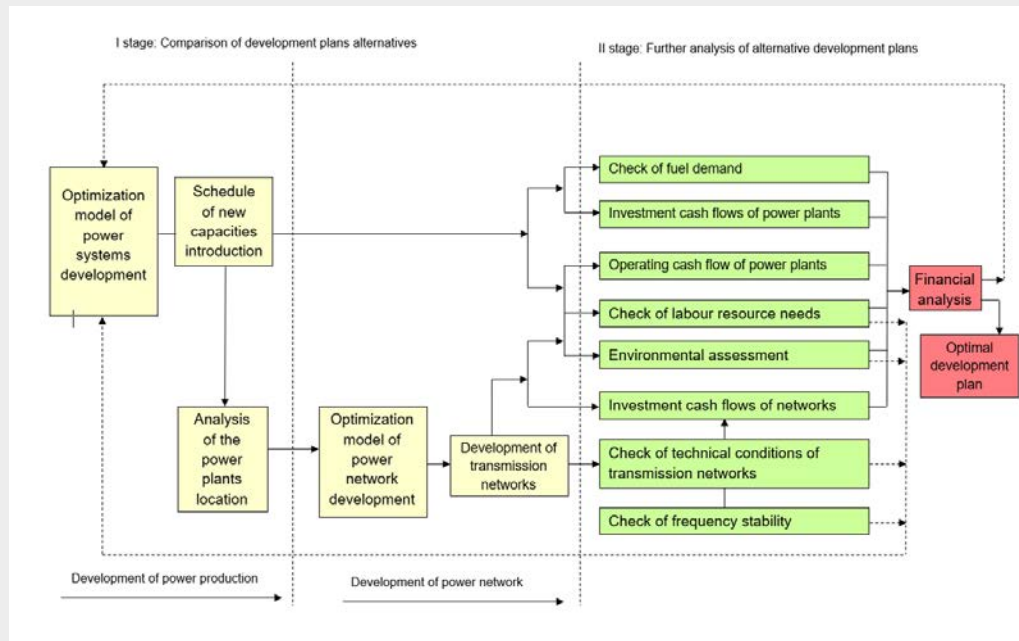


VII. Power generation, transmission and distribution planning (64 slides)

- Descriptions of the steps and goals of power planning.

The students will learn:

- The main data required to make a proper power planning.
- The different types of existing models and methods for planning.

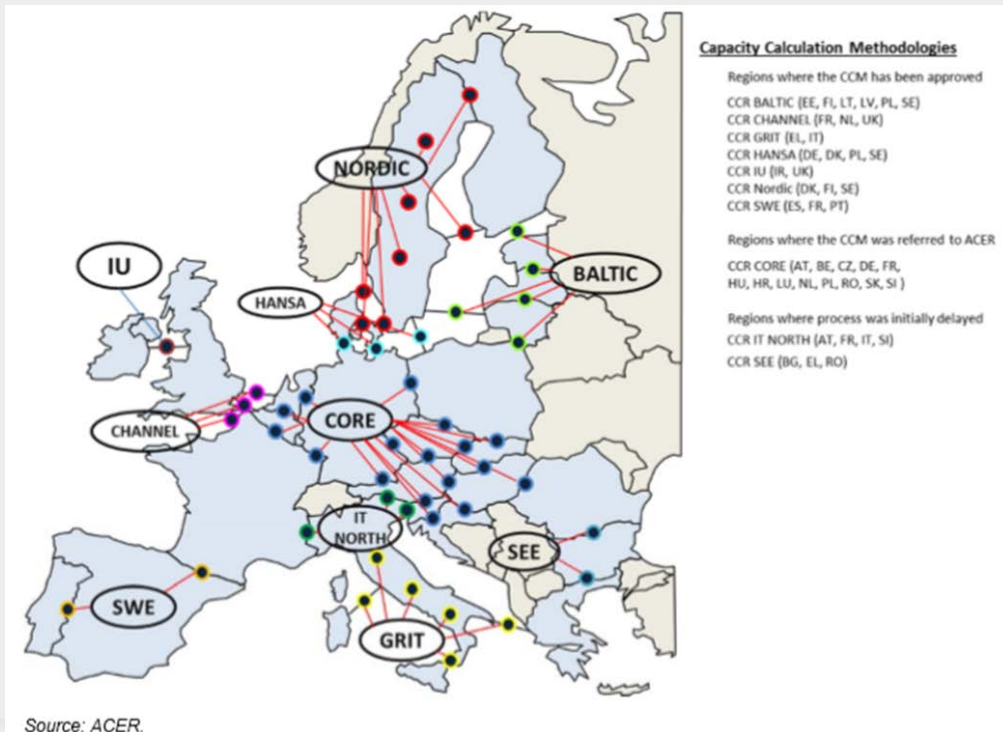


VIII. Congestion management and transmission tariff (36 slides)

- The organization of the power exchange market in the EU.
- The composition of transmission tariffs.

The students will learn:

- How European countries electrical networks are connected to each other.



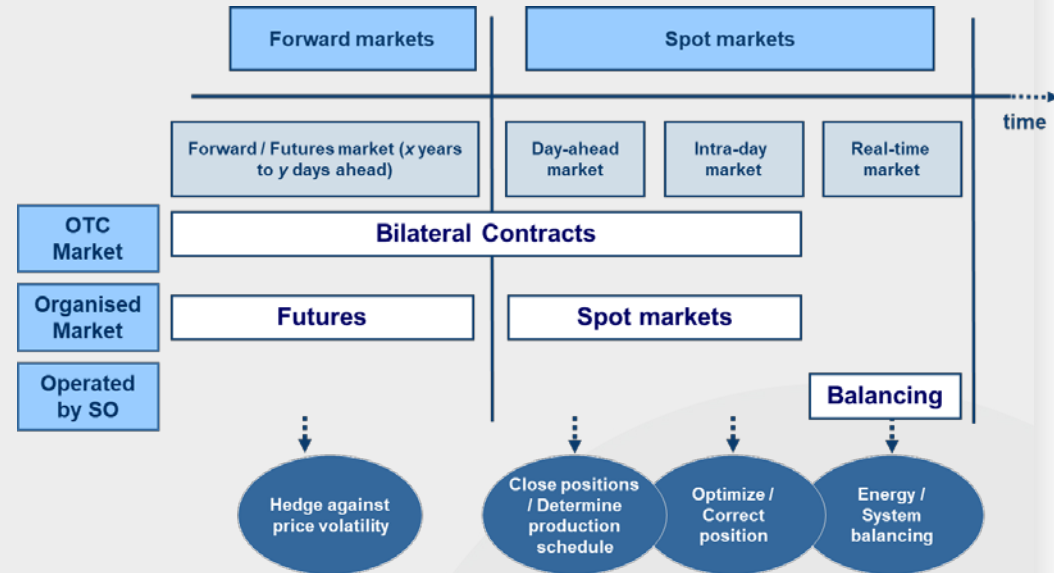


IX. Electricity financial market and its risk management (37 slides)

- The organization of the electricity financial market.
- The different types of trades made on electricity market.

The students will learn:

- What a future is in finance.
- The goal of futures (Forward capacity allocation) in electricity risk management.



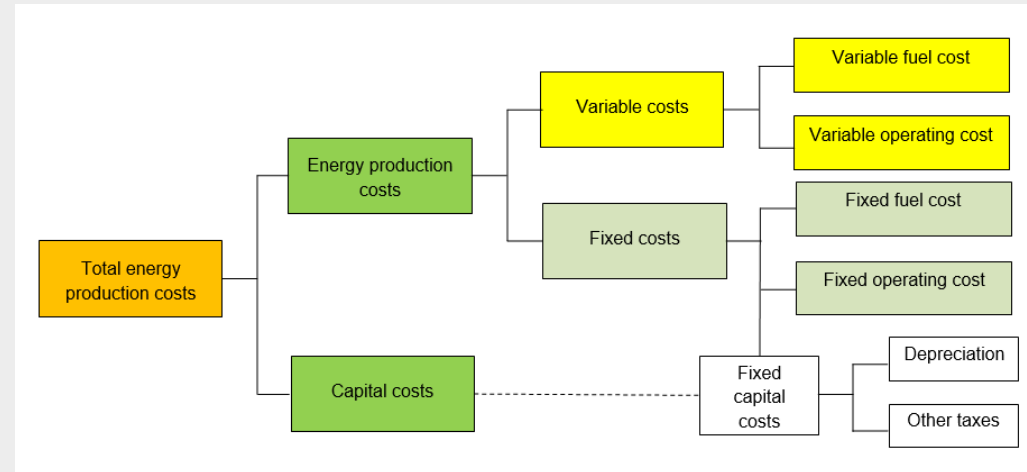


X. Cost and benefit analysis – Risk assessment (64 slides)

- The main concepts required to carry out and cost-benefit analysis.
- The different costs to consider while evaluating an project.
- The analysis to conduct to assess the risk of a project.

The students will learn to calculate and use:

- The discount rate.
- Net present value, benefit cost ratio and the internal rate of return.
- The levelized cost of electricity.
- The students must be able to evaluate whether or not a project is interesting.





Lectures teaching methods

- Lectures I to III were organised in face to face classes.
- The other lectures had to be organized online due to the COVID-19 crisis.
- For lectures IV to X the students had to read the slides and prepare question. Chat sessions were organised to answer students questions.
- Ideally virtual meeting are a better way to proceed because having the students to read the slides alone does not allow to highlight particular points.
- Additionally, a summary of some lectures (IV, V, VI and X) was given to the students to outline the most important definitions for the exercises sessions.



Exercise sessions





Exercise session 1 (2h)

Exercises allowing the students to acquire a better understanding of market concepts such as:

- Supply and demand curves
- Market equilibrium
- Calculation of social welfare, producer surplus, consumer surplus
- Price elasticity

Enoncé du TD n° 1

I. Equilibres de marché

Pour les différents marchés suivants, on donne la fonction d'offre et la fonction de demande du marché, q étant la quantité et p le prix. Pour chaque cas :

- Tracez les courbes d'offre et de demande sur un même graphique
- Marquez sur le graphique l'équilibre du marché
- Marquez sur le graphique le surplus du producteur ainsi que le surplus du consommateur
- Calculez le prix d'équilibre ainsi que la quantité vendue correspondante

1) Offre : $q(p) = 50p$
Demande : $q(p) = 500 - 30p$

2) Offre : $q(p) = p^2$
Demande : $q(p) = 240 - 15p$

3) Offre : $q(p) = 7p^2$
Demande : $q(p) = (15 - p)^2$

II. Etude de marché

On considère le marché de l'électricité d'une région comportant 5 fournisseurs d'électricité identiques qui estiment chacun que leurs courbes de production est la suivante :

$$q(p) = 4p$$

Un sondage a été réalisé auprès des consommateurs de la région pour estimer la consommation d'électricité en fonction du prix du MWh, les résultats de l'estimation sont contenus dans le tableau suivant :

Prix du MWh (€/MWh)	Quantité qui serait consommée (MWh)
0	2000
10	1500
20	1200
30	1000
40	980
50	960
60	940
70	920
80	900
90	700
100	500
110	300
120	100

- 1) Tracez la courbe de l'offre totale de ce marché.
- 2) Tracez une courbe approchée de la demande de ce marché.
- 3) Estimez graphiquement le prix d'équilibre du marché ainsi que la quantité d'électricité produite correspondante.
- 4) Repérez sur la courbe de la demande 3 zones selon leur élasticité prix, notez quelles zones ont une demande élastique et quelles zones ont une demande inélastique. Interprétez les raisons qui peuvent être responsables de l'élasticité de chacune des zones.
- 5) Calculez l'élasticité prix au niveau de l'équilibre du marché.
- 6) Proposez une méthode pour évaluer l'élasticité dans chacune des zones.

On suppose que la concurrence sur le marché fonctionne de manière parfaite. Le prix de l'électricité est donc unique et correspond au prix d'équilibre. Calculez :

- 7) Le surplus du consommateur.
- 8) Le surplus du producteur.
- 9) Le surplus total.

On suppose maintenant que les 5 fournisseurs décident de s'entendre sur un prix de l'électricité à 80 € par MWh. Déterminez dans ce cas :

- 10) La quantité vendue sur le marché.
- 11) Le surplus du consommateur.
- 12) Le surplus du producteur.
- 13) Le surplus total.

On suppose maintenant qu'une autorité de régulation fixe le prix de l'électricité à 30 € par MWh.

- 14) Déterminez la quantité vendue sur le marché.
- 15) Le surplus du consommateur.
- 16) Le surplus du producteur.
- 17) Le surplus total.

On suppose maintenant que l'autorité de régulation fixe le prix de l'électricité à 30 € par MWh et impose un quota de production de 200 MWh par jour à chaque producteur. Calculez dans ce cas :

- 18) La quantité vendue sur le marché.
- 19) Le surplus du consommateur.
- 20) Le surplus du producteur.
- 21) Le surplus total.



Exercise session 2 (2h)

Exercises allowing the students to manipulate business concepts such as:

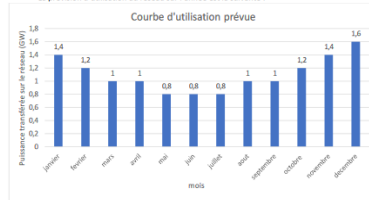
- OPEX
- CAPEX
- Regulated Asset Base
- Return on investment
- Revenue requirement

Enoncé du TD n° 2

I. Détermination du prix d'utilisation d'un réseau

On considère une entreprise gestionnaire de réseau de transport (TSO) nouvellement créée pour la gestion d'infrastructures réseau devant être créées. L'objectif est de calculer quels doivent être les tarifs d'utilisation de ce réseau pour assurer la rentabilité de l'entreprise.

- La prévision d'utilisation du réseau sur l'année est la suivante :



- Les infrastructures doivent pouvoir transporter la puissance toute l'année sans jamais dépasser 80% de sa capacité totale.
- La valeur d'un MW de capacité de transport est de 500 000 €/MW
- Les coûts fixes de maintenance et d'opérations du réseau sont estimés à 3500 €/MW
- On estime que les coûts variables sont proportionnels à l'énergie transportée sur le réseau et sont évalués à 1.5 €/MWh.
- Les infrastructures ont été construites pour fonctionner sur une durée de 60 ans, après cela elles devront être recyclées et renouvelées. La dépréciation de valeur des infrastructures a été estimée à partir d'un modèle à taux de dépréciation annuel constant de 4%.
- L'entreprise est financée à 50% par de la dette et 50% par des capitaux propres.
- Le taux d'intérêt des emprunts d'Etat est de 1%
- Le taux de rentabilité moyen du marché est de 3,5%
- En moyenne la volatilité des actifs d'entreprises gestionnaires de réseau de transport est estimée à 1,5% tandis que la volatilité du marché est estimée à 3%.
- Le taux d'intérêt de la dette de l'entreprise est de 2,5%

- 1) Calculez la capacité du réseau que l'entreprise doit posséder pour pouvoir fonctionner sans dépasser 80% d'utilisation.
 - 2) Calculez l'investissement nécessaire à la construction des infrastructures. On supposera par la suite que cette investissement est le seul actif possédé par l'entreprise la première année et que l'est égal à la base d'actif de l'entreprise RAB.
 - 3) Calculez la quantité d'énergie transportée par le réseau par an.
 - 4) Calculez les coûts de maintenance et d'opération OPEX de l'entreprise par an.
 - 5) Calculez la valeur résiduelle R des infrastructures lorsqu'elles seront renouvelées après les 60 ans d'utilisation.
 - 6) En utilisant un modèle de dépréciation linéaire, déterminez les dépenses d'investissement du capital CAPEX renouvelées en ne considérant que la dépréciation du capital.
 - 7) Calculez les coûts annuels totaux.
 - 8) A partir des taux de volatilité, estimez le coefficient de risque de l'entreprise β .
 - 9) Calculez le taux de profit attendu par les actionnaires π (coût des capitaux propres) par le modèle CAPM.
 - 10) Calculez le coût moyen pondéré du capital WACC.
 - 11) Calculez le retour sur investissement attendu ROI.
 - 12) Calculez les revenus annuels requis RR par l'entreprise.
 - 13) En supposant que l'entreprise facture un tarif fixe par MWh d'énergie transportée sur le réseau aux utilisateurs, calculez quel doit être ce tarif pour qu'elle puisse atteindre ses revenus requis.
- On suppose maintenant que les autorités de régulation ont fixé un plafond de prix à 6,30 €/MWh pour l'utilisation de ce réseau. Cependant l'utilisation du réseau a été surestimée et n'est que de 500 MW en moyenne. De plus ses coûts fixes sont en réalité de 5000 €/MW. L'entreprise se retrouve en situation de déficit. Pour palier à cela l'entreprise décide de réduire à 0 le taux de profit des actionnaires ($\pi=0\%$).
- 14) Sachant que le déficit de chaque année diminue la valeur de l'entreprise (BAR) et si la situation ne change pas, déterminez au bout de combien d'années l'entreprise se retrouvera en situation de faillite.

Le bilan comptable d'une entreprise comporte deux parties. L'actif qui correspond à la valeur de l'entreprise. Le passif correspond à l'origine de la valeur de l'entreprise, dette ou capitaux propres. Le passif est toujours égal à l'actif. Une entreprise vaut 1000 € et financée à 30% par de la dette et 70% par des capitaux propres aura un passif composé de 300 € de dette et de 700 € de capitaux propres. Lorsque la valeur de l'entreprise change (à cause d'un déficit par exemple) le passif doit varier de la même façon. Au sein du passif, la partie dette ne varie que lors du remboursement de la dette existante ou lors de la contraction d'une nouvelle dette. Par conséquent si aucune dette n'est remboursée ni contractée et que la valeur de l'actif varie, ce sont les capitaux propres qui vont varier du même montant. Une entreprise se retrouvera en situation de faillite si la valeur de son actif baisse jusqu'à un point où il n'est plus possible d'équilibrer le passif et l'actif (la valeur de l'entreprise est inférieure à sa dette).



Exercise session 3 (2h)

Exercises to train students on cost and
benefits analysis :

- Comparison of a solar and a wind power plants by calculation of the net present values of each project.
- Comparison of a coal and gas power plants by calculation of the levelized cost of electricity of each project.

Énoncé du TD n° 3

I. Projet de centrale

On compare deux projets de centrales électriques, une centrale solaire et une centrale photovoltaïque. Les deux projets sont des centrales de 1 MW de puissance installée avec une durée de vie de 20 ans. On estime que les deux centrales devraient avoir un facteur de charge de 20 %, le prix de rachat de l'électricité est de 80 €/MWh.

La centrale solaire nécessite un investissement initial de 1 600 000 € et a des coûts d'opération de 20 000 € par année.

La centrale éolienne nécessite un investissement initial de 1 200 000 € et a des coûts d'opération de 45 000 € par année.

Dans les deux cas, on néglige les durées de constructions de la centrale.

Pour cet exercice, il est conseillé d'utiliser un tableur.

- 1) Calculez l'énergie produite par chaque centrale par an.
- 2) Calculez les revenus annuels de chaque centrale.
- 3) Pour un taux d'actualisation de 1 % calculez la valeur actuelle nette (NPV) de chaque projet.
- 4) Recalculez la NPV de chaque projet mais pour un taux d'actualisation de 4 %.
- 5) Déterminez le taux de retour interne IRR pour chaque projet.
- 6) En considérant que le taux d'actualisation est une donnée comportant beaucoup d'incertitude, déterminez quel projet semble le plus intéressant.
- 7) Pour le projet de centrale retenu et un taux d'actualisation de 4 %, déterminez le temps de retour simple.
- 8) Pour le projet de centrale retenu et un taux d'actualisation de 4 %, déterminez le temps de retour actualisé.

II. Coût de la production électrique actualisé

On cherche à comparer le coût de l'électricité produite par une centrale à charbon et par une centrale à gaz. Les deux centrales ont une puissance installée de 400 MW, un facteur de charge moyen de 70 % et une durée de vie de 20 ans.

Les informations de la centrale à charbon sont les suivantes :

- Coût d'investissement : 1500 €/KW
- Coûts fixes : 20 €/KW/an
- Coûts variables : 5 €/MWh
- Efficacité de la combustion : 3500 Btu/KWh (quantité d'énergie fossile qu'il faut brûler pour produire 1 KWh d'électricité. Btu=British thermal unit).
- Coût du combustible : 2 €/MBtu

Les informations de la centrale à gaz sont les suivantes :

- Coût d'investissement : 350 €/KW
 - Coûts fixes : 10 €/KW/an
 - Coûts variables : 5 €/MWh
 - Efficacité de la combustion : 11000 Btu/KWh (quantité d'énergie fossile qu'il faut brûler pour produire 1 KWh d'électricité. Btu=British thermal unit).
 - Coût du combustible : 6 €/MBtu
- 1) Calculez la quantité d'énergie électrique produite par an par les deux centrales.
 - 2) Calculez le total des coûts annuels de chaque centrale (combustible + coûts fixes + coûts variables).
 - 3) Calculez l'investissement nécessaire à la construction de chaque centrale.
 - 4) Quelle est la différence principale entre les deux centrales d'un point de vue économique ?
 - 5) À l'aide d'un tableur et pour un taux d'actualisation de 3 % calculez le coût de la production électrique actualisé (LCOE) de chaque centrale et concluez sur la centrale produisant l'électricité la moins chère.
 - 6) Déterminez le taux d'actualisation nécessaire pour que la LCOE de la centrale à charbon soit supérieure à la LCOE de la centrale à gaz.



Exercises teaching methods

- The exercises sessions were supposed to be face-to-face classes of 2 hours each.
- Due to the COVID-19, the sessions were organised online:
- The students had to prepare the exercises before every session.

Feedback:

- These sessions were very important in clarifying a number of misunderstandings and identifying the hardest points for students to understand.



Overview

Lectures										Exercises sessions			Tasks	
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	1	2	3	Cost and benefits analysis	Article
			Personal work											
			Face to face session											
			Online chat											
			Online session											

- The module including the exercises sessions that will be presented after is similar to a 3 ECTS module in ULOR.



Student works





Task: Economical analysis of nuclear power plant project

- A different variant of the task was given to each student.
- They had to conduct the analysis of a nuclear power plant project with different assumptions for each variant.
- The objective of this task was to evaluate the capacity of the students to use the concepts and tools studied during the lectures and exercises sessions.

T140M007 Energy financial and economical analysis
Task Nr. 1
Variant Nr. 1

Evaluate whether nuclear power plant project is economically attractive when:

1. Planned capacity of this NPP is equal to 1600 MWe
2. Capital costs of NPP are 4415 €/kW
3. Construction lasts 11 years
4. Capital costs distribution by construction year:
 - 1 year - 0,091
 - 2 year - 0,091
 - 3 year - 0,091
 - 4 year - 0,091
 - 5 year - 0,091
 - 6 year - 0,091
 - 7 year - 0,091
 - 8 year - 0,091
 - 9 year - 0,091
 - 10 year - 0,091
 - 11 year - 0,091
5. Plant life is 60 years
6. NPP will be stopped annually for 1314 h for maintenance
7. Costs for fuel and nuclear waste management are equal to 4,59 €/MWh
8. Other running costs are 13,16 €/MWh
9. Electricity market price is 47 €/MWh
10. NPP decommissioning costs are equal to 15% of capital costs
11. Decommissioning lasts 10 years. Costs are distributed evenly for each year.
12. Discount rate is 4%

Calculate:

1. Net present value (NPV)
2. Internal rate of return (IRR)
3. Levelized cost of electricity (LCOE)
4. Payback period

Plot:

1. NPV yearly values
2. Annual cash flows
3. Annual discounted cash flows
4. NPV vs discount rate
5. NPV vs electricity market price

Mark:

1. Payback point in graph 1
2. Mark different stages (construction, operation, decommissioning) in graphs 1-3
3. IRR in graph 4
4. LCOE in graph 5



Task: Articles analysis

- The article “GRAM-HANSEN, Kirsten. Efficient technologies or user behaviour, which is the more important when reducing households' energy consumption?. Energy Efficiency, 2013, vol. 6, no 3, p.447-457.” was given to the students.
- They had to read it and make a summary of the article.

This task had the following objectives:

- To make the students more familiar with the structure of a scientific article.
- To evaluate the general understanding of the module and see their ability to bind it with the article content.

Energy Efficiency (2013) 6:447–457
DOI 10.1007/s12553-012-9184-4

ORIGINAL ARTICLE

Efficient technologies or user behaviour, which is the more important when reducing households' energy consumption?

Kirsten Gram-Hanssen

Received: 27 October 2011 / Accepted: 10 December 2012 / Published online: 21 December 2012
© Springer Science+Business Media Dordrecht 2012

Abstract Much policy effort focuses on energy efficiency of technology, though not only efficiency but also user behaviour is an important factor influencing the amount of consumed energy. This paper explores to what extent energy efficiency of appliances and houses or user behaviour is the more important, both for understanding why some households consume much more energy than others, and when looking for relevant approaches to a future low-carbon society. The paper uses several sources to explore this question, most of them from a Danish context, including results from the researcher's own projects and Danish national statistics. These Danish data are discussed together with international studies. Through the presentation of these different projects and examples, it is shown how user behaviour is at least as important as the efficiency of technology when explaining households' energy consumption in Denmark. In the conclusion, these results are discussed in a broader international perspective and it is concluded that more research in this field is necessary. In relation to energy policy, it is argued that it is not a question of technology efficiency or behaviour, as both have to be

included in future policy if energy demand is actually to be reduced. Furthermore, it is also argued that not only individual behaviour is relevant, but also a broader perspective on collectively shared low-carbon practices has to be promoted.

Keywords Households · Energy consumption · User practices · Energy efficiency · Appliance use · Meter data · Energy statistics

Introduction

In Western societies, residential energy consumption accounts for approximately one third of the total energy consumption and throughout the last 30 years, efforts to reduce this has included research on and development of more efficient technologies and buildings. Moreover, policy activities have been directed at households to encourage them to purchase these more efficient technologies. To a much lesser extent, focus and interest have been directed at how the actual use of technologies and houses influence the final energy consumption. Social scientists have studied and published on these issues, but it has not had a major impact on the more technical energy research. However, recently there has been an emerging interest in the more technically oriented research within buildings' energy use in documenting the importance of user behaviour.

These emerging interests in the technological sciences and in energy policy are seen, e.g. in the EU

Springer

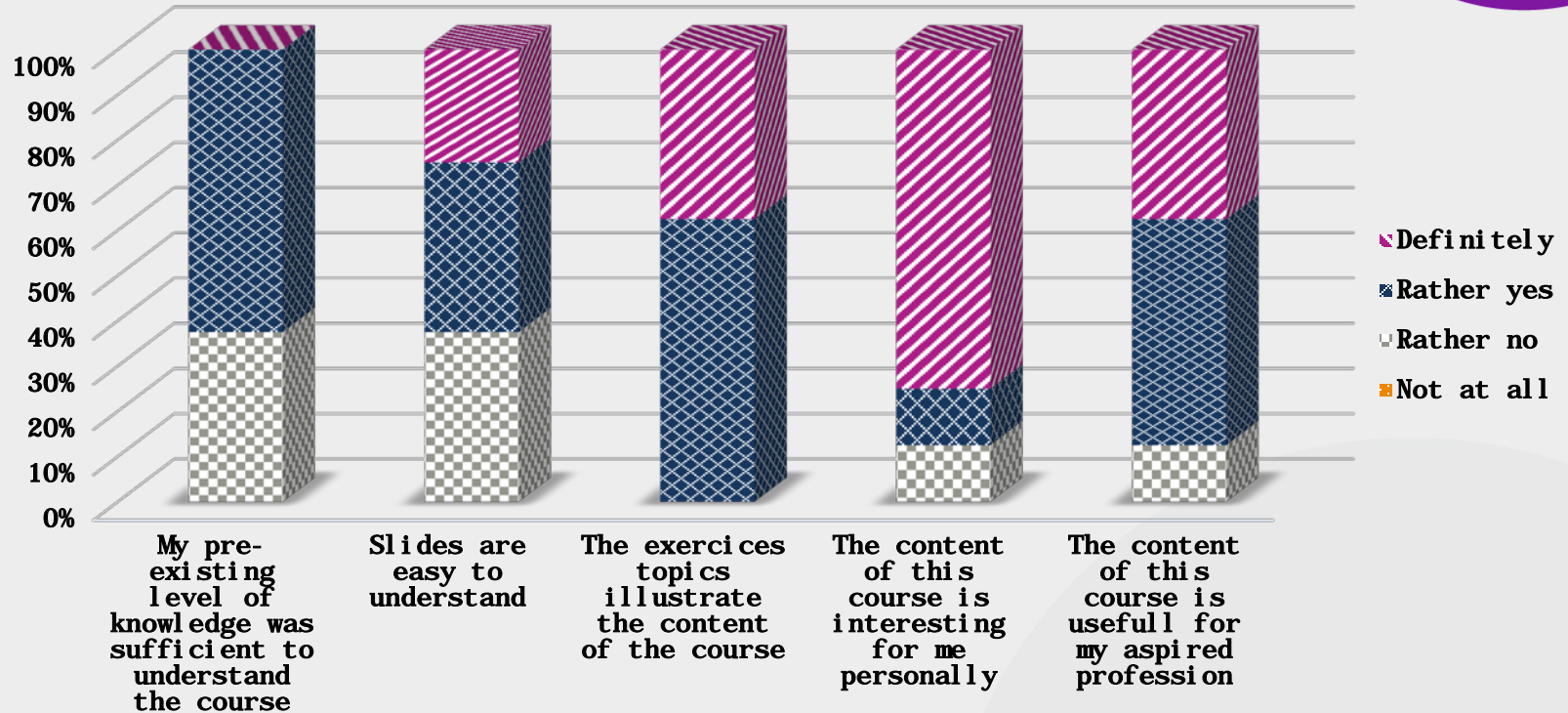


Student feedback





Student evaluation of the module





Student evaluation of the module

- The lack of pre-existing knowledge of the students was a concern for the understanding of the module.
- Students showed interest in concepts that they do not usually address in their courses.

Parts of the module that generated a strong interest among the students:

- Environmental issues
- Cost and benefit analysis / Energy planning

Parts of the module that generated less interest among the students:

- Legal and institutional aspects



Thank you for your attention

ESTONIA
www.ttu.ee



Univerza v Ljubljani

SLOVENIA
www.fe.uni-lj.si



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN

GERMANY
www.tu-dresden.de

PORTUGAL
www.loba.cx

ESTONIA
www.civitta.com



kaunas
university of
technology

1922

LITHUANIA
www.ktu.edu



GERMANY
www.sense.tu-berlin.de



ESTONIA
www.elektriliit.ee



UNIVERSITÉ
DE LORRAINE

FRANCE
www.welcome.univ-lorraine.fr



This project has received funding from
the European Union's Horizon 2020
research and innovation programme under
grant agreement no. 837626