

# SUSTAINABLE ENERGY

EXAMEN FINAL

24 mai 2013

## Consignes

- Vous disposez de 2 heures 30.
- N'oubliez pas de répondre à chaque question sur des feuilles séparées et d'indiquer votre nom sur chaque feuille.
- La réponse à la question huit doit se faire en anglais et sur la dernière feuille de l'énoncé.
- Les réponses aux différentes sous questions doivent être clairement séparées.
- Veillez à soigneusement lister toutes vos hypothèses de calcul. Un raisonnement qui omet des hypothèses sera pénalisé. De plus, un résultat final même juste mais sans explication ne vaut pas de point.
- Vous pouvez uniquement disposer de papier, de matériel pour écrire et d'une calculatrice.
- Les téléphones portables doivent rester éteints et hors de portée.
- Soyez concis, clair et structuré dans vos réponses afin de ne pas être inutilement pénalisé.

Bon travail!

**Question 1** (6 points)

[A] Quels sont les trois arguments usuellement utilisés pour motiver une politique énergétique visant à ne plus dépendre des combustibles fossiles ? (3 points)

[B] Critiquer les à la lueur des présentations du Prof. P. Dewallef et du Prof. E. Juvigné. (3 points)

**Question 2** (8 points)

[A] Décrivez le “tube model” utilisé dans le cours pour analyser la consommation d’un avion. (2 point) ; [B] Déduisez en la puissance nécessaire (i) pour faire en sorte que l’avion ne tombe pas (ii) pour pouvoir vaincre la résistance de l’air. (2 points)

[C] A partir de là, proposez une expression mathématique permettant de calculer l’énergie consommée par unité de distance parcourue. (1 point)

[D] Calculer à quelle vitesse l’avion doit voler pour pouvoir minimiser sa consommation en énergie. (1 point)

[E] Calculez le minimum d’énergie consommée par un avion par unité de masse et de distance parcourue. Pensez-vous qu’il serait possible d’avoir des avions énergétiquement plus efficaces en les rendant plus gros ? (2 points)

Données : Un avion consomme de l’ordre de 0.4 kWh/ton-km.

**Question 3** (6 points)

La Wallonie a une surface de 16569 km<sup>2</sup> et compte 3,5 millions d’habitants. Calculer le pourcentage du sol wallon qui serait nécessaire pour nourrir ces habitants en supposant que 50% des personnes sont végétariennes et que 50% ne mangent que du boeuf.

Données : Un homme de 65 kg a besoin d’environ 2600 calories par jour pour vivre. Les plantes emmagasinent l’énergie du soleil avec une puissance moyenne égale à 0.5 W/m<sup>2</sup>. Il faut 1000 jours pour élever un boeuf. Un boeuf est composé de 66% de viande. Il y a 2000 calories dans un kilo de viande.

**Question 4** (6 points)

Vous travaillez pour la ville de Liège qui vous charge d’une mission : développer des actions afin de favoriser l’usage du vélo. Quels types d’actions envisager vous de mettre en place ?

**Question 5** (7 points)

[A] Décrivez les deux types de réaction de fusion les plus prometteuses. (2 points)

[B] Comment fonctionne un Tokamak ? (2 points)

[C] A quelle vitesse, exprimée en kWh/d par personne, l’humanité peut utiliser la fusion deuterium-deuterium si l’on se place dans un horizon de 1000 ans et que l’on suppose que l’on peut récupérer 0.5 % du deutérium présent dans nos océans. (3 points)

Données La fusion de deux atomes de deuterium ( ${}^2_1H$ ) relâche 3.27 MeV.  $1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$ . 1 mole =  $6.022 \times 10^{23}$  atomes. Volume d'eau dans les océans  $\simeq 1.3$  milliard de kilomètres cube. Il y a 33 g de deuterium dans chaque tonne d'eau. Population mondiale = 7 milliards.

**Question 6** (9 points)

La Wallonie décide de développer des fermes photovoltaïques afin de couvrir la moitié de sa consommation primaire en énergie qui est de 200000 GWh par an.

[A] Calculer la surface au sol que ces fermes photovoltaïques devront occuper. (2 points)

[B] Expliquez comment fonctionne une station de pompage. (2 points)

[C] Supposez que ces fermes photovoltaïques produisent (i) chaque jour la même quantité d'énergie (ii) uniquement de l'énergie de 10h du matin à 4h de l'après midi. Calculer la surface que devrait occuper le bassin supérieur d'une station de pompage qui puisse juste stocker assez d'énergie pour faire en sorte que lorsque l'on opère de manière intelligente la station de pompage avec ces fermes photovoltaïques, l'ensemble génère toujours une puissance constante. (5 points)

Données : (i) Un panneau PV a un rendement de 20 %. (ii) On considère qu'il y a en moyenne  $110 \text{ W/m}^2$  de puissance solaire qui arrive au sol en Wallonie. (iii) Différence d'altitude entre le bassin inférieur de la station de pompage et le fond du bassin supérieur : 400 m ; profondeur du bassin supérieur : 100 m ; rendement de la station de pompage : 1.

**Question 7** (9 points)

Analyser de manière critique la conversation suivante :

Mr. X. : "Je brûle des pellets pour produire de l'électricité et c'est génial."

Mr. Y. : "C'est ridicule ce que tu fais. Tu as un taux de rendement de 40% dans ton installation alors que moi, en brûlant mes pellets dans une chaudière à condensation, j'ai un rendement de 90%."

Mr. Z. : "Vous êtes tous les deux ridicules. C'est bien mieux de mettre des panneaux photovoltaïques sur la surface utilisée pour produire vos pellets."

i **Question 8** (10 points)

The demand of the electricity consumers for a given market period is characterized by the following curve :

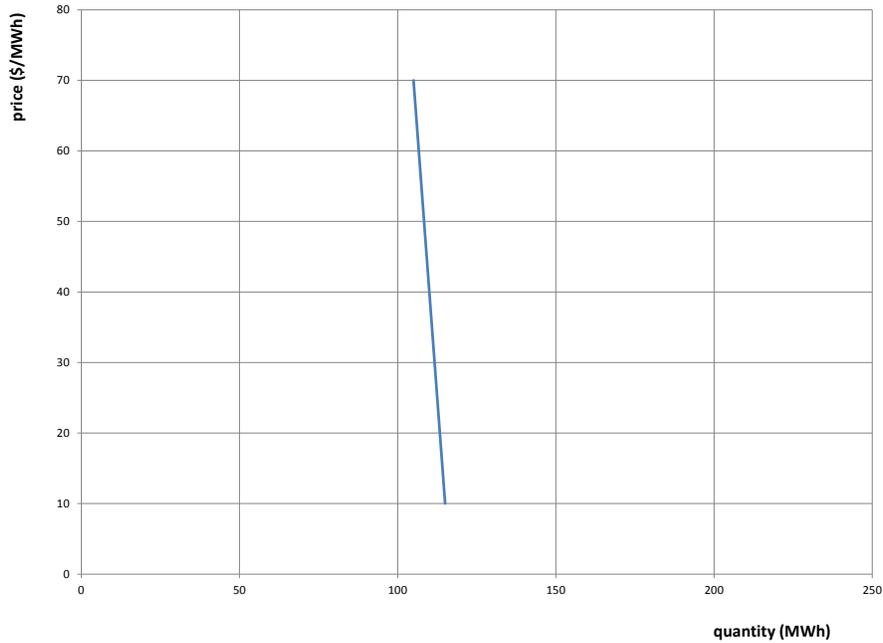


FIG. 1 – Electricity Demand Curve

For the same period, the available generating units are :

Unit	Maximum Output (MWh)	Cost (\$/MWh)
Coal # 1	30	50
Hydro	50	4
Gas	50	65
Nuclear	50	20
Coal #2	20	40

1. Calculate the electricity market equilibrium price and quantity for this period. Display your solution on figure 1 and explain in writing why this point is unique.
2. How does the market equilibrium change if for the same period the available wind power production is 20 MWh?