

**Compte-rendu de la réunion
IDEES du 9 septembre 2011 (Domaine de Vert-Mont)
Groupe Transverse
«L'éolien offshore»**

1. Organisation du Groupe de travail

- ✚ Rappel du fonctionnement d'IDées par Alexandre ROJEY
Récapitulatif des réunions des différents Groupes de travail

*La présentation Power point est disponible sur le site de la Fondation :
<http://www.fondation-tuck.fr/fondation-tuck-groupe-de-reflexion-idees.html>*

2. Exposés :

«Energie éolienne»

Pierre ODRU
IDées

*La présentation Power point est disponible sur le site de la Fondation :
<http://www.fondation-tuck.fr/fondation-tuck-groupe-de-reflexion-idees.html>*

- A partir des années 2000, la nécessité de lutter contre le réchauffement climatique et de trouver des alternatives aux énergies fossiles a incité les Etats, initialement en Europe, à développer des énergies alternatives.
- L'énergie éolienne pourrait potentiellement assurer près de la moitié de l'énergie consommée dans le monde¹.

¹ D'après des estimations publiées par l'Université de Stuttgart et l'Institut de Thermodynamique technique du Centre Aérospatial allemand au premier Congrès International sur le Stockage d'énergie renouvelable (Gelsenkirchen, 2006)

- Les pales doivent associer légèreté et haute résistance mécanique vis-à-vis des efforts appliqués : elles sont fabriquées en matériaux composites anisotropes, fibres de verre ou de carbone, résine époxy.
- La taille et la puissance des éoliennes terrestres semblent se rapprocher de limites physiques ($\varnothing 130\text{m}$, 5 MW) ; il s'y ajoute la difficulté de transport des pales à terre.
- L'offshore éolien offre de nouveaux débouchés, mais pour des coûts supérieurs (investissement aujourd'hui double pour une production d'énergie supérieure de 50 %). La France dispose du deuxième gisement d'Europe après la Grande-Bretagne, mais pour une profondeur d'eau qui augmente plus rapidement qu'en Mer du Nord.
- Les coûts ne baissent plus, voire augmentent à nouveau.
- La production mondiale d'électricité éolienne a été de 388 TWh en 2010 pour une puissance installée de 194 GW, soit un coefficient de charge moyen de 22,8 %. Le coefficient de charge est en France de l'ordre de 25 % et en Allemagne de 16 %. En offshore, il est de l'ordre de 35 %.
- La production éolienne d'électricité est intermittente et décalée par rapport à la demande. Elle nécessite une production en *back-up*, le plus souvent à partir d'énergies fossiles (notamment gaz naturel) ou le recours à un stockage d'énergie (STEP, CAES, batteries, hydrogène).
- En France, pour assurer la fourniture totale de la quantité d'électricité nécessaire, il faudrait disposer par exemple de 65 000 éoliennes terrestres d'une puissance moyenne de 2MW (soit 18,3 fois le nombre actuel), en admettant un taux de charge de 25 % et de 10 000 éoliennes offshore d'une puissance moyenne de 3MW (soit 17 fois l'appel d'offres actuel), en admettant un taux de charge de 35 % dans ce cas.
- Outre la difficulté et le coût d'installer un tel nombre d'éoliennes, notamment en mer, la principale difficulté est liée à l'intermittence. Pour une puissance installée de 180 GW et une puissance moyenne de 50 GW, la puissance fournie pourrait tomber à environ 30 % de la production moyenne, soit 15 GW. Il faudrait donc assurer le complément au moyen de centrales thermiques, fonctionnant par exemple au gaz naturel. Il faut en outre pouvoir répondre aux pointes de consommation (jusqu'à 85 GW en hiver).
- Il n'existe aucun moyen de stocker les quantités d'électricité qui permettraient d'assurer globalement une adéquation entre une offre éolienne et la demande : une journée stockée nécessiterait 28 M t de plomb en batteries et le plus grand système de stockage STEP en France a une capacité de 1,6 GW pendant 20 heures.

✚ «L'éolien offshore – Perspectives industrielles»

Jacques RUER
SAIPEM

*La présentation Power point est disponible sur le site de la Fondation
<http://www.fondation-tuck.fr/fondation-tuck-groupe-de-reflexion-idees.html>*

- Suite à Fukushima, l'abandon du nucléaire en Allemagne, conduit à un plan très ambitieux d'introduction de renouvelables dans la génération d'électricité : 35 % en 2020, 50 % en 2030, 80 % en 2050.
- Le plan allemand prévoit une montée spectaculaire de l'éolien offshore, qui pourrait passer de 450 MW (1,2 TWh/an) à 40 GW (142 TWh/an) en 2050. L'investissement requis passerait de 300 Millions d'Euros en 2011 et 2012 à 2,5 Milliards d'Euros à partir de 2013.
- En France, un appel d'offres a été publié le 13/07/2011 pour 3000 MW en éolien offshore, sur les côtes de l'Atlantique.
- Aux Etats-Unis, apparaissent les premiers projets d'éolien offshore, le potentiel étant estimé par NREL à 4 150 GW.
- La Chine envisage des projets d'éolien offshore pour une puissance totale de 12,9 GW.
- Les éoliennes offshore nécessitent des structures imposantes. Ainsi, la nacelle de l'éolienne Areva Multibrid 5000 de 5MW, est à 100 m et supporte une masse en tête de 350 t. Pour l'installer par 25 m de fond nécessite un tripode de 40 m de haut pesant 700 t, fixé par des pieux enfoncés de 40 à 60 m dans le sol.
- La recherche d'une réduction des coûts a entraîné une course au gigantisme. La dernière version d'éolienne de 7 m a des pales de 160 m de diamètre et une hauteur de mat de 187 m.
- L'installation des éoliennes en offshore nécessite de nouvelles barges, fixes ou flottantes.
- Les futures fermes de grande puissance nécessiteront de nombreux câbles sous-marins et un renforcement du réseau terrestre.
- Dans les années à venir, les projets vont atteindre des profondeurs d'eau de plus en plus importantes (de 40 à 80m) et des distances à la côte croissantes (de 60 à 120 km). Ceci va entraîner des investissements de plus en plus importants, qui pourraient s'élever à 141 G€ d'ici 2020.

- Cette dynamique est déjà créatrice de nombreux emplois liés à la filière éolienne en Europe : environ 150 000 emplois dédiés à l'éolien en 2010, l'Allemagne étant en tête.

3. Discussion

- La place de l'éolien

- Au sein de l'Union Européenne il faudra respecter la règle des 20 % d'énergie renouvelable. L'éolien aura un rôle à jouer pour y parvenir et en 2020, 14 % de l'électricité pourrait être produite en Europe par l'éolien.
- Le tout éolien n'est pas possible, mais les centrales à gaz peuvent assurer un back-up dans des conditions satisfaisantes.
- L'importance des investissements à consentir reste un frein important. En outre, on peut s'interroger sur la durée de vie des installations et en particulier des machines tournantes opérant en atmosphère difficile. La maintenance en offshore reste par ailleurs délicate à assurer, nécessitant un large recours aux hélicoptères.
- Un très large déploiement des éoliennes pourrait avoir un effet sur le régime des vents.
- L'augmentation de la taille des éoliennes et la construction de fermes comprenant un très grand nombre d'éoliennes conduit à un effet de centralisation : l'électricité est produite dans des zones qui ne correspondent pas nécessairement à une demande, ce qui entraîne des coûts de réseaux supplémentaires.
- Le rôle que peut jouer l'éolien dépend en large partie des choix qui sont effectués par ailleurs, notamment en ce qui concerne le nucléaire.
- Il faut comprendre et gérer les réactions d'opposition : définir une démarche de prospective sociétale ?

- Intermittence

- La génération d'électricité par des éoliennes entraîne des fluctuations très importantes dans la production de courant. Il faut donc recourir à la mise en œuvre de réseaux intelligents («smart grids») reliant des producteurs décentralisés.
- L'énergie n'étant pas disponible tout le temps, une option consiste à piloter l'accès à l'électricité par une tarification adaptée et des procédures d'effacement.

- L'interconnexion peut aider à compenser les problèmes d'intermittence. Toutefois, cette compensation ne peut être effectuée de manière satisfaisante que pour un taux de pénétration limité de l'énergie éolienne (15 à 20 % ?).
- Le stockage d'électricité peut constituer une des solutions. Il n'existe pas toutefois de solution directement incorporée, comme dans le cas des centrales solaires à concentration (stockage de chaleur par sels fondus). Il est nécessaire d'examiner différentes options de stockage : STEP, batteries, air comprimé. L'hydrogène peut-il apporter une solution dans ce domaine ?

- **Economie**

- Les installations éoliennes ont évolué vers le gigantisme. Il paraît difficile de poursuivre une telle évolution et on peut s'interroger sur l'optimum économique.
- Les investissements sont très importants et il faut également tenir compte du coût des réseaux. Lorsque l'investissement est amorti, le coût peut devenir faible (Cf. situation en Espagne).
- Lorsque les distances de transport augmentent, pour limiter les pertes en ligne, on est amené à augmenter les investissements sur les réseaux.
- Les prix de rachat sont modulés en fonction de la ressource.

4. Prochaine réunion :

Lundi 5 décembre 2011 à 16h (Domaine de Vert Mont)

Thème de la réunion :

«La petite cogénération biomasse»