

Les énergies renouvelables

<u>I LES MOYENS DE PRODUCTION D'ENERGIE ACTUELS</u>	- 2 -
LA PRODUCTION D'ELECTRICITE A PARTIR D'ENERGIE THERMIQUE	- 2 -
L'ENERGIE THERMIQUE	- 2 -
UN CAS PARTICULIER, LE NUCLEAIRE	- 3 -
LES IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT	- 4 -
<u>II UNE ENERGIE RENOUVELABLE : LA PRODUCTION DU VENT</u>	- 4 -
L'ENERGIE EOLIENNE	- 4 -
L'ENERGIE PORTEE PAR LE VENT	- 5 -
LA CONCEPTION D'UNE EOLIENNE.	- 5 -
LE PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT	- 6 -
LA CONVERSION MECANIQUE ELECTRIQUE	- 7 -
L'ELECTROMAGNETISME	- 7 -
LES GENERATRICES	- 8 -
CONCLUSION	- 9 -
LES AVANTAGES ET INCONVENIENTS DES EOLIENNES	- 9 -
<u>III LA PART DE PRODUCTION DES ENERGIES PROPRES DANS LE MONDE</u>	- 10 -
LES DIFFERENT TYPES DE PRODUCTION D'ENERGIES RENOUVELABLES	- 10 -
QU'EN EST IL DU FUTUR ?	- 11 -

A l'heure actuelle, l'homme sait produire de l'énergie électrique avec différents moyens. Mais certains de ces moyens comme la production d'énergie au nucléaire sont polluants malgré leur efficacité. Ils restent les plus utilisés par leur faible coût et par leur fort rendement même si ils restent un danger écologique pour la planète. Il faut savoir qu'il existe des moyens de production d'énergie électrique dits « propres » pour l'environnement, c'est-à-dire qu'ils ne polluent pas les alentours, et leur destruction ne laisse pas de trace. Mais quels sont ces nouveaux moyens dont on parle tant ? Comment fonctionnent-ils, et qu'en est il de l'efficacité de leur production ? Il existe de nombreux moyens de production d'énergie actuellement utilisés dans le monde, mais qui restent polluants. Leur mise en place est peut coûteuse mais leur production est efficace. Il existe aussi des moyens de produire de l'électricité sans polluer les alentours. Ces moyens utilisent tous les forces de la nature et ont été conçus pour exploiter au maximum ces forces. Ils mettent en œuvre des moyens technologiques complexes et récents. Mais dans le futur, de nouveaux moyens de production non polluants seront mis en place exploitant de nouvelles forces de la planète. Mais pour arriver à cette production « propre » l'homme est passé par des énergies polluantes.

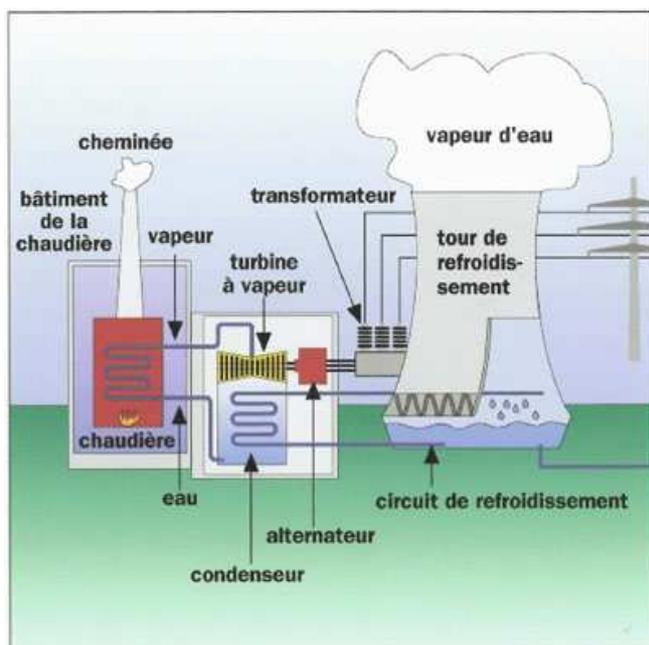
I Les moyens de production d'énergie actuels

Dans le monde, l'énergie électrique est produite à partir d'autres énergies telles que l'énergie nucléaire ou l'énergie du vent. Produire de l'électricité, c'est effectuer une conversion d'énergie. Par exemple la chaleur créée par une réaction nucléaire est convertie en énergie électrique par des moyens techniques. Quelles sont les généralités techniques utilisées dans les équipements de production d'énergie électrique actuels ? C'est-à-dire dans les centrales polluantes.

La production d'électricité à partir d'énergie thermique

L'énergie thermique

Une centrale thermique produit de l'électricité à partir de l'énergie thermique de combustion



provenant de fossiles tel que le gaz, le charbon ou encore le pétrole. Le principe de fonctionnement de ces centrales est de brûler un combustible afin d'entraîner un turboalternateur. Le document ci-contre présente le principe de production d'électricité à partir de l'énergie thermique.

- Dans le bâtiment de la chaudière, de l'eau d'un premier circuit est chauffée (jusqu'à évaporation) par la combustion des fossiles.
- La vapeur d'eau entraîne une turbine à vapeur qui elle entraîne un alternateur produisant de l'électricité.
- La vapeur d'eau est refroidie par un second circuit d'eau. Le circuit de refroidissement. L'eau sous

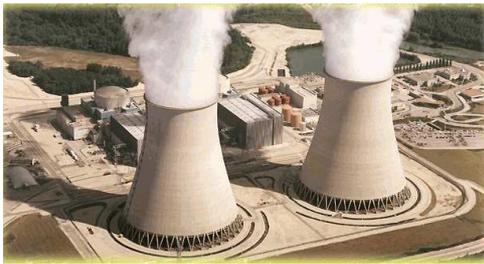
forme de vapeur reprend sa forme liquide et est renvoyée dans la chaudière.

- L'eau du circuit de refroidissement est refroidie dans une cheminée appelée tour de refroidissement. Ce qui sort de cette tour est uniquement de la vapeur d'eau.
- Et enfin l'électricité produite par l'alternateur est adaptée puis envoyée sur le réseau EDF

L'eau chauffée dans la chaudière peut être chauffée par différents combustibles tel que le charbon le gaz ou encore le pétrole. Ce type de centrale peut produire de 100 jusqu'à 700 MW Mais il existe une technique encore plus productive qui est de chauffer l'eau grâce à des réactions nucléaires.

Un cas particulier, le nucléaire

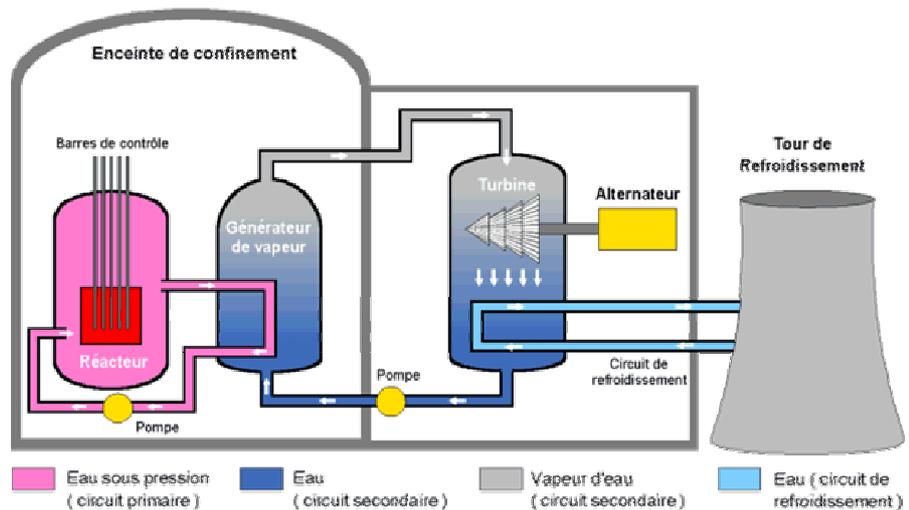
La centrale reprend le même principe que les centrales thermiques sauf que le combustible brûlé dans la chaudière est remplacé par un réacteur nucléaire. Sur la photo si contre, on peut observer la vue aérienne d'une centrale nucléaire. L'enceinte est composée de deux blocks de production. Un circuit d'eau est ajouté dans ce type de production. Sur le schéma si dessous, on peut observer le principe de fonctionnement de ce type de centrale.



- Le réacteur nucléaire est placé dans une enceinte confinée afin de protéger l'environnement des radiations.
- La réaction nucléaire est lancée. Les barres de contrôle permettent de contrôler la vitesse de la réaction. Si la réaction s'emballe, il y a risque d'explosion du réacteur. Cette réaction dégage de la chaleur ce qui chauffe l'eau contenue dans le premier circuit (rose). L'eau de ce premier circuit reste sous pression.
- L'eau du premier circuit permet de chauffer jusqu'à évaporation l'eau d'un second circuit. Il n'y a aucun lien entre l'eau des deux circuits. Il y a que échange de chaleur.
- Ensuite le principe de fonctionnement est le même que dans les centrales thermiques.

Les centrales fonctionnant avec un réacteur nucléaire sont plus performantes car la

température fournie par le réacteur est plus haute. L'eau contenue dans le second circuit est donc plus chaude. L'eau sous forme de vapeur est enfermée à plus haute pression ce qui permet d'entraîner des turbines plus performantes. Ce type de centrales peut délivrer une puissance de 1500MW ce qui est bien au dessus d'une centrale thermique a combustible fossile.



Les centrales thermiques sont très utilisées dans le monde. Mais elles ne sont pas que des avantages de fortes productions. Elles ont aussi des inconvénients dont un que l'on ne peut plus négliger qui est la détérioration de l'environnement

Les impacts sur l'environnement

En 2000, 39 % de l'électricité mondiale était produite par des centrales au charbon, 17 % par des centrales nucléaires, 17 % par des centrales au gaz, 8 % par des centrales à fioul. Le reste de l'énergie électrique était produit par des moyens dits propres. C'est-à-dire que 81% de l'énergie du monde est produite avec des centrales thermiques. Mais les centrales consommant des énergies fossiles rejettent des gaz à effet de serre dans l'atmosphère (exemple le CO₂). Si ce gaz est en trop grande quantité dans l'atmosphère, on aboutit à un léger réchauffement de la planète, qui a pour conséquences un dérèglement météorologique. L'effet de serre est un phénomène naturel, mais l'homme rejette trop de gaz à effet de serre ce qui déséquilibre le climat de la planète. Pour ce qui est des centrales nucléaires, ces dernières rejettent des déchets polluants, dont certains sont recyclés et réutilisés, mais d'autres fortement radioactifs sont stockés dans des enceintes spéciales afin de ne pas perturber l'environnement alentour tel que le déversement de radionucléides. Il a été étudié que les déchets très fortement radioactifs mettent près de 100 000 ans avant de ne plus être dangereux pour l'environnement. Ces deux formes de pollution ne sont pas négligeables et peuvent constituer un danger pour l'équilibre de la planète

Mais il existe des solutions pour faire face à tous ces problèmes. C'est l'utilisation d'énergies renouvelables. C'est-à-dire l'emploi de centrales de production d'énergies sans polluer l'environnement.

II Une énergie renouvelable : La production du vent

Le soleil, le vent, l'eau qui sont des ressources naturelles peuvent être utilisées pour produire de l'énergie grâce aux technologies développées par l'homme. Ces ressources permanentes et naturelles sont appelées énergies renouvelables. Chaque type de ressource naturelle nécessite une technologie d'exploitation différente. C'est-à-dire qu'on n'utilise pas la même technologie pour exploiter la force du vent ou pour exploiter celle de l'eau.

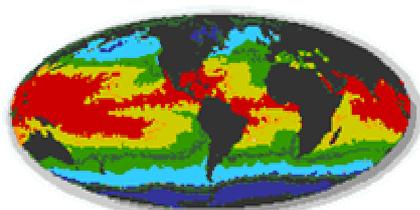
L'énergie éolienne

Une des énergies renouvelable que l'on trouve abondamment sur notre planète est le vent.



L'exploitation de la force du vent se fait avec des **éoliennes**. Une éolienne utilise le principe du moulin à vent. Lorsque le vent atteint des vitesses de minimum 15 Km/h il entraîne les pales en rotation. Ces dernières sont couplées à un générateur qui produit de l'électricité. Il existe deux sortes d'éoliennes. Les éoliennes particulières, peut puissantes mais permettant d'alimenter une installation isolée. Et les éoliennes de grande puissance raccordées aux réseaux nationaux. Ces deux types d'aérogénérateurs fonctionnent sous le même principe mais à des puissances différentes. Le choix du site de construction de l'éolienne est très important. Un site sera bon si le vent souffle à une vitesse moyenne en continu. Si le vent est trop fort l'éolienne devra être plus résistive et donc plus cher. L'image ci-dessus présente un parc éolien. C'est-à-dire un emplacement idéal pour la production d'énergie éolienne.

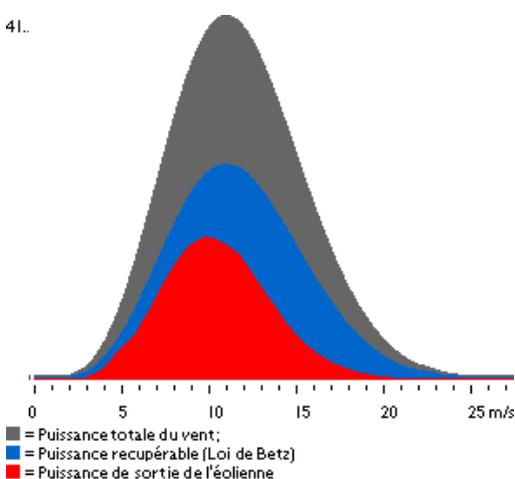
L'énergie portée par le vent



© 1998 www.WINDPOWER.org

C'est le vent qui à la base apporte l'énergie à l'éolienne. Mais d'où vient cette force? Chaque jour, le soleil transmet quelques 174.423.000. gigawatt/heures d'énergie à la terre. Une partie de cette énergie est transformée en énergie éolienne. En effet le soleil réchauffe les parties en rouge du globe (cf [la photo satellite ci-contre](#)) qui sont proche de l'équateur. Les masses d'air chauffées à l'équateur remontent en altitude (leur densité massique étant plus faible que l'air froid) et vont vers les pôles, puis sont refroidies au niveau des pôles et redescendent en altitude. Ainsi de suite une circulation d'air est créée entre les pôles et l'équateur. Mais on peut constater que certains sites sont mieux appropriés à la construction d'éoliennes. Ces sites sont ceux sur lesquels souffle un vent régulier. Ces sites sont situés près des côtes ou aux sommets des collines. Les sites sur lesquels les vents sont trop forts ne sont pas les plus adaptés car un vent fort inflige de fortes contraintes sur l'éolienne.

Le but d'une éolienne est de capter l'énergie cinétique du vent. L'énergie recueillie varie en fonction de trois paramètres : la densité de l'air, la surface balayée par l'hélice de l'éolienne et la vitesse du vent. L'énergie captée par l'éolienne augmente si ces trois paramètres augmentent. Mais une éolienne ne capte pas toute l'énergie apportée par le vent. Elle n'en capte et n'en convertit qu'une partie. Le [graphe ci-contre](#) présente les différentes puissances contenues, en gris dans le vent, en bleu capté par l'éolienne et en rouge convertie et produite par l'éolienne.



© 1998 www.WINDPOWER.org



L'éolienne fonctionne parfaitement avec des vents autour de 10 mètres/s. On remarque aussi que l'on ne récupère pas la totalité de l'énergie du vent. On observe aussi de meilleurs rendements avec des vents de 3 à 10 m/s. Mais ces rendements ne sont pas excellents. Il y a des pertes d'énergie dans la conversion mécanique électrique. Quel est le chemin emprunté après avoir été capté par l'éolienne ?

La conception d'une éolienne.

Une éolienne est constituée de deux parties. Le mât et l'hélice. Le mât permet de placer les pales à une hauteur où le vent est plus productif.

- Le mât peut être réalisé en béton ou en acier. Les pylônes en acier sont les plus répandus pour les éoliennes de forte puissance.
- L'hélice est montée sur le rotor de l'alternateur. Elle est le plus souvent constituée de trois pales. Les pales sont caractérisées par :
 - leur longueur : détermine la puissance fournie par l'éolienne. Plus les pales sont longues plus la vitesse de rotation est réduite
 - La largeur : détermine le couple au démarrage. Mais diminue la vitesse de rotation maximum
 - Les matériaux : ils sont choisis pour être légers, résistants à la fatigue mécanique à l'érosion et à la corrosion.

- Nombre de pales : Plus il y a de pales plus l'éolienne est compliquée à fabriquer et à mettre en œuvre. Dans la catégorie des éoliennes de forte puissance, l'éolienne à trois pales a le plus fort rendement.
- S'ajoutent au mât et à l'hélice, une nacelle placée au sommet du mât pour abriter tout les composants électriques convertissant l'énergie mécanique fournie par le vent en énergie électrique envoyée sur le réseau de distribution d'énergie.
- Un multiplicateur de vitesse permettant de multiplier la vitesse de l'arbre hélice afin d'augmenter la vitesse de l'arbre générateur.
- Un générateur électrique : La rotation de l'arbre entraîne un aimant dans une bobine produisant ainsi le courant.
- Une cabine placée à la base du mât dans laquelle on injecte l'énergie produite sur le réseau de distribution existant
- Et enfin un frein permettant de diminuer les contraintes soumises à la machine en cas de tempête en ralentissant sa vitesse de rotation.

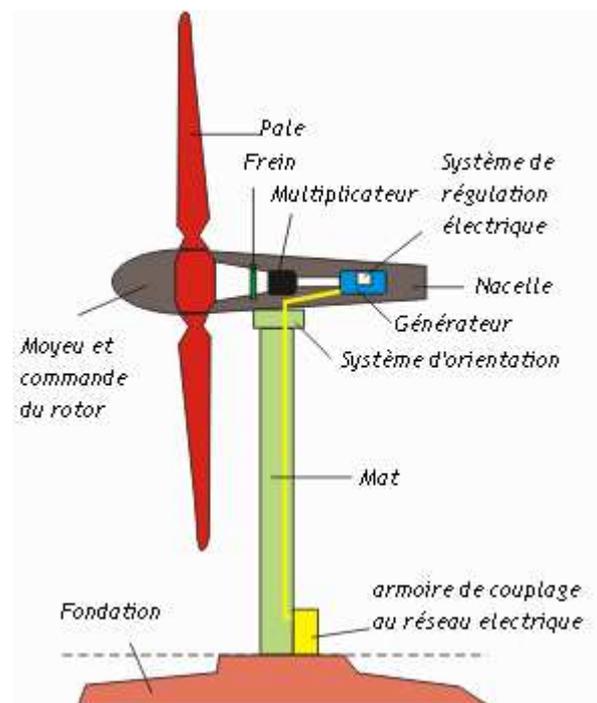
Le schéma ci-contre présente les différents éléments composant une éolienne

Le principe de fonctionnement

Lorsque le vent atteint des vitesses aux alentours de 20 Km/h, l'hélice de l'éolienne est entraînée en rotation. La vitesse de rotation de l'arbre de l'hélice est multipliée par le multiplicateur. La sortie du multiplicateur est reliée au générateur électrique qui convertit l'énergie mécanique en énergie électrique. Il fournit une tension triphasée qui est acheminée dans la base du mât ou elle va être adaptée au réseau de distribution.

Afin de capter au mieux l'énergie du vent, l'éolienne doit être orientée. Une petite girouette est placée à proximité ou sur l'éolienne et commande son orientation en fonction de la direction du vent.

Une fois l'orientation de l'éolienne optimisée, il est nécessaire de convertir le mouvement de rotation en énergie électrique. Ce travail est réalisé par une génératrice triphasée. Une génératrice fonctionne comme un moteur mais dans l'autre sens. C'est-à-dire que une force fait tourner l'arbre moteur et on récupère de l'énergie électrique. Sur les éoliennes de grande puissance, la sortie des génératrices est un courant alternatif triphasé de 690v. Ensuite cette énergie est convertie en alternatif triphasé 20 000 à 30 000 volts pour être connectée au réseau de distribution. Il existe deux types de génératrices différentes : la génératrice synchrone et la génératrice asynchrone. Cette dernière présente plus d'avantages que la synchrone.



La conversion mécanique électrique

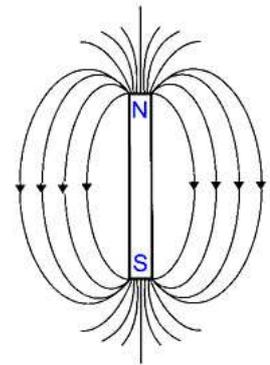
L'électromagnétisme

Aimant et champ magnétique

Les génératrices utilisent le magnétisme pour convertir l'énergie mécanique en énergie électrique. Mais comment fonctionne le magnétisme ?

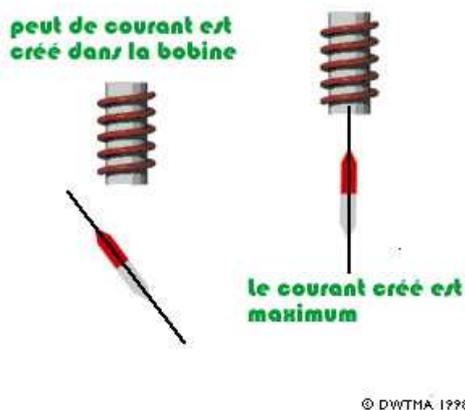
Tout d'abord, un aimant est capable d'attirer un autre aimant ou encore un objet en fer. Il est composé de deux pôles. Le pôle sud et le pôle nord. Un champ magnétique est créé entre ses deux pôles. Ce champ n'est pas visible à l'œil. Mais il est possible de le représenter. Sur le document ci-contre, on peut voir les lignes de champ créées par un aimant. Ces lignes de champ vont toujours du pôle nord au pôle sud. Si on place un autre aimant dans ce champ magnétique, il va aligner son champ magnétique à celui-ci.

Il est possible de créer un champ magnétique avec un courant électrique. C'est le rôle d'un électroaimant qui est constitué d'un morceau de fer (matériau magnétique) et d'un fil électrique enroulé autour de celui-ci dans lequel circule un courant électrique. Lorsqu'un courant circule dans un fil électrique, un champ magnétique est créé autour de celui-ci. Mais si le fil est enroulé autour d'un aimant, tous les champs magnétiques créés en tout point du fil sont canalisés dans le morceau de fer et regroupés en un seul champ magnétique plus puissant



Génératrice et magnétisme

Il est possible de créer un courant dans un fil électrique à partir d'un champ magnétique. Si on déplace un fil électrique dans un champ magnétique, les charges négatives (électrons libres dans le fil) sont mises en mouvement car elles sont soit attirées, soit repoussées par le champ magnétique.



Mais elles sont enfermées dans le fil. Elles ne peuvent aller que dans deux directions. Pour créer un courant dans un fil, le champ magnétique doit varier en permanence pour que les charges cherchent à s'aligner avec les lignes de champ en permanence. Sinon les charges s'alignent une fois et le système reste statique. Le procédé d'une génératrice consiste à placer un aimant qui crée un champ magnétique permanent. L'aimant est entraîné en rotation au milieu d'électroaimants (aimants alimentés par l'électricité), qui créent un courant quand ils se retrouvent alignés aux lignes de champ de l'aimant. Le document ci-

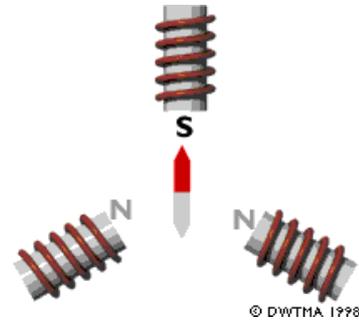
contre montre le comportement du courant dans une bobine en fonction de la position de l'aimant. Le trait noir représente la ligne de champ centrale. Le courant dans la bobine n'est pas discontinu car le champ magnétique ne peut pas être discontinu. Si, ici, l'aimant tourne à une vitesse de rotation constante, on obtient un courant sinusoïdale dans la bobine. Si on place

trois bobines (cf les génératrices) alors on crée trois courants sinusoïdaux d'où le réseau triphasé alternatif

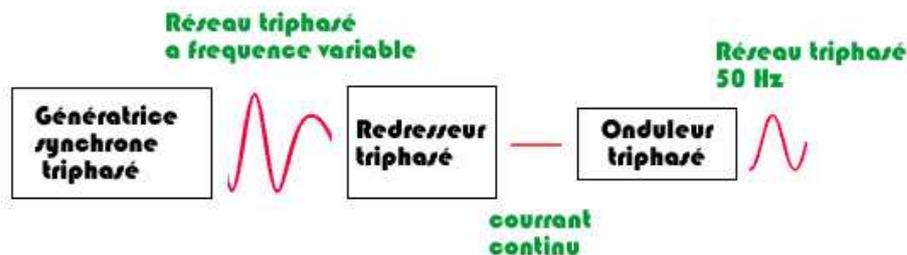
Les génératrices

Génératrice synchrone

Le schéma ci-contre présente le principe de fonctionnement d'une génératrice synchrone. L'aiguille au centre peut être remplacée par un aimant permanent. Chacun des trois bobinages est relié sur sa phase. L'aimant permanent est fixé au rotor. Lorsque celui-ci est entraîné en rotation par une force extérieure (l'hélice par exemple), un courant triphasé est créé à la sortie de la génératrice. La génératrice est dite de type synchrone car le champ magnétique tournant créé par l'aimant (qui crée le courant dans les bobines sous forme alternative), a la même fréquence de rotation que celle de l'arbre moteur car l'aimant créant le champ est relié mécaniquement au rotor. Dans ce type de machine, si la vitesse de rotation de l'aimant augmente, alors la fréquence délivrée au réseau électrique augmentera.



Si on adapte ce principe à une éolienne, le vent soufflant à des vitesses variables imposera des variations de vitesse de rotation à l'hélice donc au rotor de la génératrice. On aura donc à la



sortie de la machine sur son réseau triphasé une fréquence qui variera en fonction de la vitesse du vent. Ces variations ne

seront pas brutales vu l'inertie mécanique de l'éolienne (hélice + arbre + multiplicateur)

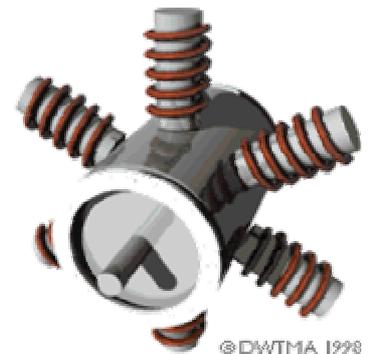
La génératrice crée donc un réseau triphasé indépendant à fréquence variable. Pour envoyer l'énergie produite par l'éolienne sur le réseau de distribution, il est nécessaire d'adapter le réseau de la machine au réseau de distribution. Le courant en sortie de la génératrice est tout d'abord converti en courant continu. Puis reconverti en courant alternatif triphasé. Le schéma ci-contre illustre bien les différentes opérations de l'adaptation au réseau de distribution

L'utilisation d'une génératrice synchrone est toujours plus compliquée à mettre en œuvre. Et donc rend l'éolienne plus cher à construire.

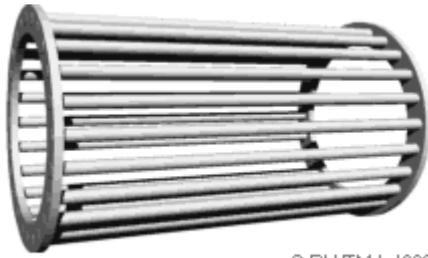
Génératrice asynchrone

Pour bien comprendre le fonctionnement de cette génératrice, il est nécessaire de commencer par l'explication du moteur asynchrone.

Dans un moteur asynchrone, les bobinages visibles sur le document ci-contre sont alimentés (deux par deux ici) par le réseau triphasé. Il est créé à l'intérieur de la machine un champ magnétique tournant dans



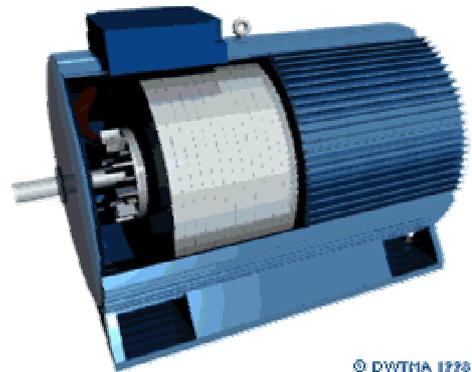
lequel on place un rotor « à cage d'écureuil » cf photo ci-dessous. Ce rotor est constitué uniquement de matériaux permettant le passage de courants électriques. Le champ magnétique tournant impose des forts courants sur le rotor (très peu résistif). Des pôles se créent sur le rotor ainsi que des forces entraînant le rotor. La particularité du moteur asynchrone est que le rotor tourne à une vitesse légèrement inférieure à celle du champ tournant. Ceci est appelé le glissement entre champ tournant et rotor.



© DWTMA 1998

Le fonctionnement de la génératrice est le processus inverse. C'est-à-dire qu'on entraîne le rotor en rotation mécaniquement. Si le rotor est entraîné à la même vitesse de rotation que les champs tournants, aucun phénomène d'induction ne se produira dans le rotor. Il n'y a pas de courant dans celui-ci. Par contre si la vitesse de rotation du rotor augmente légèrement par rapport à celle du champ tournant, alors un fort courant est créé au rotor. D'où des pôles et champs magnétiques sont créés sur le rotor ce qui crée des courants sur les bobines du stator. Il y a donc un transfert de puissance. Il faut savoir que la vitesse de rotation du rotor ne peut pas varier de plus de 1% de celle du champ magnétique tournant. De ce fait, plus la machine tourne vite par rapport à la vitesse du champ tournant, plus la génératrice fournit de la puissance au réseau. Il ne reste plus qu'à adapter cette tension de sortie au réseau de distribution

La génératrice délivre un courant alternatif de fréquence 50 Hz en triphasé. Cette fréquence est fixée par la vitesse du champ tournant dans la machine. Mais la machine étant connectée sur le réseau de distribution 50 Hz, le réseau fixe la vitesse de rotation du champ tournant. Donc il n'y a pas besoin d'adapter la fréquence de la machine pour la raccorder. Il est juste nécessaire d'adapter sa tension de sortie. On parle alors de connexion directe sur le réseau. La fabrication d'éolienne avec une génératrice asynchrone est moins complexe. On économise des composants d'électronique de puissance. La génératrice règle la vitesse de rotation de l'hélice et l'empêche de dépasser une certaine vitesse grâce aux phénomènes d'induction sur le rotor ce qui allonge la durée de vie de tous les composants mécaniques tel que le réducteur.



© DWTMA 1998

Conclusion

L'éolienne permet d'exploiter une énergie renouvelable qui est le vent. Le vent est une ressource naturelle de la planète qui est inépuisable. Grâce à l'éolienne il est possible de produire de l'énergie sans consommer d'énergies fossiles qui sont elles polluantes. L'éolienne est un moyen propre de produire de l'électricité aussi bien pour un particulier que pour un grand réseau de distribution. Mais les puissances produites avoisinent les 150MW

Les avantages et inconvénients des éoliennes

Le gros avantage des éoliennes est la production d'énergie électrique à partir d'une énergie propre naturelle et inépuisable. La production éolienne est rentable dans les régions bien venteuses. De plus la production éolienne est fiable et le coût d'installation est avantageux. C'est une production très autonome donc qui ne coûte pas beaucoup d'entretien.

Mais les éoliennes n'ont pas que des avantages. Les parcs d'éoliennes constituent les inconvénients suivants :

- Le bruit. En effet le bruit du vent sifflant dans les pales et le bruit qu'émettent les composants mécaniques tel que le multiplicateur peut déranger une habitation à proximité. Au-delà de 300 m ce bruit produit est acceptable.
- L'impact sur l'environnement. Il a été étudié, que les éoliennes par leurs dimensions, perturbent et diminuent l'habitat des oiseaux. De plus les oiseaux peuvent se heurter à l'éolienne
- Les perturbations électromagnétiques. Les structures métalliques importantes peuvent perturber les ondes radio et TV

Une étude est faite sur le lieu de l'implantation des fermes éoliennes. Selon les endroits, les éoliennes peuvent constituer une gêne pour l'environnement, mais pas une pollution contrairement aux centrales à énergies fossiles.



III La part de production des énergies propres dans le monde

Dans le monde, produisent de l'énergie, les centrales à énergies fossiles ainsi que les centrales à énergies renouvelables. Mais celles à ressources naturelles sont encore en développement pour certains secteurs, ou en recherche de sites appropriés pour leur implantation. On remarque que les centrales à énergie fossile sont plus répandues.

Les différents types de production d'énergies renouvelables



Il existe d'autres moyens de produire de l'électricité à partir ressources naturelles. Un moyen déjà utilisé dans le monde est l'hydroélectricité. Ce type de production utilise la force de l'eau. Un barrage hydroélectrique est construit sur une rivière. Le passage de l'eau fait tourner des turbines qui par des alternateurs produisent de l'électricité. Ces barrages représentent 17% de la production d'électricité du monde en 2002.

De l'énergie peut également être produite grâce aux rayons du soleil. L'installation de panneaux spéciaux pour capter l'énergie solaire permet de produire de l'électricité ou de chauffer de l'eau. Ce système non développé à grande échelle n'est utilisé que chez les particuliers ou sur des installations isolées. Même si

la production d'électricité à partir du soleil augmente chaque année, en 2002 cette production ne représente que 0,004 % de la production d'électricité mondiale, et la production d'électricité avec les éoliennes ne représente que 1% de la production mondiale en 2002

Il existe d'autres types de production utilisant les courants marins ou la force des marées. Mais ces moyens produisent très peu. Soit 0,009 % de la production mondiale en 2002

Mais quelle sera cette évolution dans le futur ?

Qu'en est il du futur ?

La production d'électricité est en pleine croissance dans le monde. Les pays d'Asie étant en plein développement demandent la construction de centrales très puissantes tel que les centrales à réacteur nucléaire, alors que les pays industrialisés eux tentent d'améliorer leur production d'électricité grâce aux énergies renouvelables en construisant des parcs éoliens en pleine mer. L'énergie solaire est de plus en plus utilisée pour des installations isolées. Mais il y a de l'avenir dans la production grâce aux océans, en utilisant les forces des marées, des vagues, des courants marins, des différences de températures.

Les énergies renouvelables sont de plus en plus pensées et utilisées dans les pays industrialisés pouvant investir. Dans les dernières années ce type de production et la technologie de production à meilleure rentabilité sont en pleine évolution.

