

Introduction

Les sciences cognitives constituent depuis environ un quart de siècle un nouveau secteur regroupant de nombreuses disciplines. On y retrouve diverses disciplines complémentaires allant de la philosophie à l'intelligence artificielle en passant par les sciences exactes, la psychologie, la linguistique, la philosophie, l'anthropologie et les neurosciences etc. Ces diverses disciplines sont regroupées autour d'un même projet, l'étude de l'activité de connaissance sous toutes ses formes : perception, mémoire, langage, apprentissage, résolution de problèmes, conceptualisation (pensée), planification de comportements passionnels, gestion des émotions, action.

Les sciences cognitives visent à étudier l'activité de la connaissance à partir de "machines à penser", c'est-à-dire la robotique, qui sont appelées à collaborer avec l'intelligence humaine pour résoudre des problèmes complexes ne pouvant l'être par une discipline isolée. Sous cet angle, l'ordinateur joue un rôle majeur car même s'il est trop différent du cerveau pour lui être comparé, il n'en reste pas moins que les principes de son fonctionnement rendent possible la mise au point de modèles explicatifs des nombreuses capacités humaines qu'ils permettent, de plus, de prolonger et d'amplifier (cybernétique).^[11]

Selon la revue de la littérature scientifique, en 1960, George Miller et Jérôme Bruner ont créé à l'Université de Harvard aux États-Unis le premier centre en sciences cognitives. L'objectif poursuivi était l'étude des mécanismes mentaux, notamment ceux impliqués dans l'utilisation du langage. Ces deux psychologues considéraient la connaissance comme la manipulation de symboles et percevaient l'ordinateur comme un bon modèle de l'esprit humain. Ils cherchaient à introduire davantage de rigueur formelle dans les sciences sociales en utilisant l'informatique et des éléments de logique.

Les ouvrages consacrés aux sciences cognitives se sont développés au milieu des années quatre-vingts. En 1985, une histoire de la révolution cognitive, illustrant que les sciences cognitives tournent autour de deux axes principaux : la psychologie et l'informatique, a été publié par le célèbre psychologue Howard Gardner.^[15]

Jerry Fodor, psychologue cognitiviste, décrit en 1975 dans son ouvrage intitulé "le langage de la pensée" qu'un état mental étant caractérisé par une relation qu'entretient l'esprit avec une certaine proposition exprimée dans un langage formel, le "mentalais".^[16]

En 1983, il propose sa théorie de la modularité qui postule que l'esprit humain est constitué de modules destinés à traiter, de façon automatique, un type très limité d'information.^[17] Il assimile donc les facultés cognitives à des modules de traitement de l'information. Fodor schématise la pensée comme un automate traitant des "entrées" (input) et produisant des "sorties" (output) ; l'état interne du système correspondrait à nos

états mentaux et nos représentations mentales.

Cette théorie computationnelle de l'esprit considère les individus comme des systèmes traitant de l'information.

En ce qui concerne les problèmes liés aux énergies renouvelables et plus particulièrement, à la production de l'électricité photovoltaïque, qui constitue actuellement une des préoccupations primordiales des décideurs préservant l'environnement, l'approche cognitive regroupant diverses disciplines entre autres les mathématiques, l'informatique, et la physique constitue un cadre prometteuse en terme de modélisation et simulation.

Étant donné que l'énergie fournie par le soleil est inépuisable, son exploitation n'engendre pas ou peu de déchets et d'émissions polluantes.

Ce qui permet de classer ce type parmi les énergies de l'avenir.

Pourtant, la maîtrise du caractère aléatoire des sources d'énergies renouvelables telles que le rayonnement solaire au sol pourrait permettre le bon dimensionnement des systèmes solaires et permet aux gestionnaires de réseaux électriques de mieux les intégrer. Malheureusement, les données du rayonnement ne sont pas très disponibles. Dans cette optique, nous nous sommes efforcés durant cette étude de contribuer à la recherche de méthodologies de modélisation en vue de prédiction du rayonnement solaire.

Ce type de prédiction est essentiel car il pourrait, à terme, permettre de mieux exploiter l'Energie Renouvelable (ER) solaire dont l'intermittence pénalise lourdement son utilisation. Pour effectuer cette prédiction, il est nécessaire de se doter d'outils statistiques et mathématiques dédiés à ce type d'analyse.

L'installation de tout système d'énergie solaire, dans un site donné, nécessite des études préalables. En effet, le dimensionnement et la simulation sont primordiaux pour assurer un fonctionnement optimal.

Pour faire ce genre d'études, des mesures fiables, sur des durées relativement longues, de certaines variables météorologiques, et spécialement, celles du rayonnement solaire sont indispensables. Malheureusement, les mesures du rayonnement solaire sont généralement inexactes et rares dans le monde entier [11]; en raison du prix élevés des appareils de mesure.

D'autre part, l'optimisation d'un système solaire ou la simulation de ses performances nécessitent au moins, des données journalières, voire même, horaire de l'irradiation solaire. Par conséquent, il est souhaitable d'élaborer des relations entre les données météorologiques disponibles et l'irradiation solaire; et de développer des techniques précises (modèles) pour prédire cette dernière.

Ces modèles sont des outils qui permettent la génération de longues séries de données de l'irradiation solaire à différent pas de temps; ceci pourrait fournir des informations utiles aux décideurs en matière de sélection, de conception et de planification des nouvelles centrales solaires.

Autrement dit, l'expertise statistique, scientifique et cognitive continue à jouer un rôle capital dans le domaine de la prévision de la production photovoltaïque. Et cette observation nous permet donc de poser la problématique suivante : "Dans quelle mesure une approche cognitive contribuera-t-elle à la prédiction de la production photovoltaïque?"

Le présent mémoire intitulé "MODELISATION COGNITIVE : APPLICATION A LA PREVISION STATISTIQUE DE SERIES TEMPORELLES DE RAYONNEMENT SOLAIRE PAR RL (MCO) ET ARMAX EN VUE DE DIMENSIONNEMENT DE CENTRALES PHOTOVOLTAÏQUES", propose une piste de réponses à cette question.

Comme plan à suivre, nous avons réparti le travail en quatre chapitres.

Dans le chapitre 1, nous présentons un état des connaissances sur les énergies renouvelables et plus particulièrement sur l'énergie photovoltaïque.

Le chapitre 2 est consacré aux méthodes existantes de la prédiction de ladite énergie.

Notre contribution personnelle, axée sur l'approche statistique par MCO et ARMAX fera l'objet du chapitre 3.

Quant au quatrième et dernier chapitre, il est réservé aux applications et aux simulations.

Nous avons choisi le langage de programmation R, non seulement pour l'écriture en codes de notre programme mais également pour le traitement des données pour la visualisation graphique.

Chapitre 1

Généralité sur les énergies électriques

Sommaire

1.1 L'énergie électrique et ses usages	4
1.1.1 Définition et historique de l'énergie	4
1.1.2 Définition de l'énergie électrique	5
1.1.3 Les sources énergétiques	5
1.2 Représentation des centrales de production par type	11
1.3 Les centrales photovoltaïques	12
1.3.1 Définition de l'énergie solaire	12
1.3.2 Modules photovoltaïques	13
1.3.3 Modules Paramètres influençant la production électrique ...	16

1.1 L'énergie électrique et ses usages

1.1.1 Définition et historique de l'énergie

Le mot énergie est à la fois d'origine latine " energia " et grecque, et qui veut dire "puissance" qui permet d'agir et de réagir ".

L'énergie est définie comme la force utilisée à partir des ressources naturelles (charbon, gaz, pétrole) et des industries spécialisées (électricité, nucléaire, raffinage pétrolier . . . etc.) pour faire fonctionner les machines utilisées aux individus et à l'industrie.

Et d'une autre manière l'énergie caractérise la capacité à produire des actions, par exemple à engendrer du mouvement, modifier la température d'un corps ou à transformer la matière. L'énergie provient de différentes sources que l'on trouve dans la nature : le bois, le charbon, le pétrole, le gaz, le vent, le rayonnement solaire, les chutes d'eau, la chaleur interne de la terre, l'uranium.

Elle peut prendre différentes formes : chaleur, énergie musculaire, énergie mécanique, énergie chimique, énergie électrique, ses formes multiples peuvent se transformer l'une en l'autre.

L'énergie primaire

C'est la première forme de l'énergie directement disponible dans la nature : bois, charbon, gaz naturel, pétrole, vent, rayonnement solaire, eau, chaleur du sous-sol . . . etc.

L'énergie secondaire

L'énergie secondaire est une énergie obtenue par la transformation d'une énergie primaire au moyen d'un système de conversion. Par exemple, une centrale thermique produit de l'électricité (énergie secondaire) à partir de charbon (énergie primaire), une énergie secondaire peut aussi résulter de la transformation d'une autre énergie secondaire, c'est le cas d'une centrale thermique alimentée en gaz de haut fourneau.

L'électricité est donc une énergie secondaire qui peut être produite de différente manière.

1.1.2 Définition de l'énergie électrique

L'électricité est ce qui fait marcher les multitudes des machines que nous utilisons dans notre vie quotidienne pour faire le travail pénible à notre place, c'est une source d'énergie qui sert à des usages domestiques et industriels. L'énergie électrique correspond à la charge en électricité que possède un corps.

Elle se manifeste lorsqu'on relie par un fil conducteur deux corps dont la charge électrique est différente.

L'électricité n'est pas proprement parler une source d'énergie, mais un vecteur énergétique, c'est-à-dire un mode de transport de l'énergie.

Elle est invisible contrairement au pétrole ou au charbon.

1.1.3 Les sources énergétiques

Les énergies renouvelables

Une source d'énergie est renouvelable si le fait d'en consommer ne limite pas son utilisation future.

C'est le cas de l'énergie du soleil, du vent, des cours d'eau, de la terre et généralement de la biomasse humide ou sèche, à l'échelle de la durée de vie de l'humanité. Ce n'est pas le cas pour les combustibles fossiles et nucléaires.

Une énergie renouvelable est une énergie renouvelée ou régénérée naturellement à l'échelle d'une vie humaine. Les énergies renouvelables sont issues de phénomènes naturels, réguliers ou constants, provoqués par les astres.

-L'énergie solaire

L'énergie solaire est l'énergie que dispense le soleil par son rayonnement (le rayonnement est un transfert d'énergie sous forme d'ondes ou de particules, qui peut se produire par rayonnement...) directement ou de manière diffuse à travers l'atmosphère.

Ce terme désigne l'énergie fournie par les rayons du soleil. Le soleil est la source d'énergie la plus puissante et cette énergie est gratuite, il n'y a qu'à l'exploiter.

Les technologies sont réparties entre actives et passives.

-Les technologies actives transforment l'énergie solaire en une forme électrique ou thermique que nous pouvons utiliser directement.

C'est le cas des cellules photovoltaïques qui transforment la lumière du soleil directement en énergie électrique, des collecteurs solaires qui permettent de chauffer l'eau des maisons, du chauffage et du refroidissement solaire, des concentrateurs solaires qui utilisent des miroirs pour concentrer les rayons du soleil et générer une chaleur intense, transformant l'eau en vapeur et produisant de l'électricité grâce à certaines machines, et même des fours solaires.

-Les technologies passives consistent à bien orienter les bâtiments par rapport au soleil ou à utiliser des matériaux spéciaux et des modèles architecturaux qui permettent d'exploiter l'énergie solaire.



FIGURE 1.1 – Panneau solaire sur toit

-L'énergie éolienne

Ce système, quelle que soit sa technologie donc convertit l'énergie cinétique du vent en énergie électrique.

Cette conversion se fait en deux étapes :

-la conversion d'une partie de l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique, cette conversion se fait au niveau de la turbine ;

-la conversion de l'énergie mécanique en énergie électrique au niveau de la génératrice.

Il existe deux possibilités d'installation des parcs éoliens : éolien en mer et éolien sur terre dont les installations en mer comportent une capacité très importante.

Les éoliennes sont installées sur terre et en mer dans des endroits où le vent atteint une vitesse élevée et constante.



FIGURE 1.2 – Energie eolienne

-L'énergie hydraulique

L'énergie hydraulique est l'énergie fournie par le mouvement de l'eau, sous toutes ses formes, chutes, cours d'eau, marée.

Ce mouvement peut être utilisé directement, par exemple avec un moulin à eau, ou plus couramment être converti, par exemple en énergie électrique dans une centrale hydroélectrique.

L'énergie hydraulique est en fait cinétique dans le cas des marées et cours d'eau, et potentielle dans le cas des chutes.



FIGURE 1.3 – Barrage hydraulique

-L'énergie des mers ou énergie marine

C'est une énergie renouvelable très peu exploitée jusqu'ici. Elle désigne l'énergie produite par les vagues et les marées, ainsi que l'énergie thermique de l'océan chauffé par les rayons du soleil. Les océans, qui couvrent presque 70 % de la surface du globe, pourraient constituer la source d'énergie renouvelable du futur, même si, pour l'instant, leur exploitation pour produire de l'électricité n'est pas rentable.

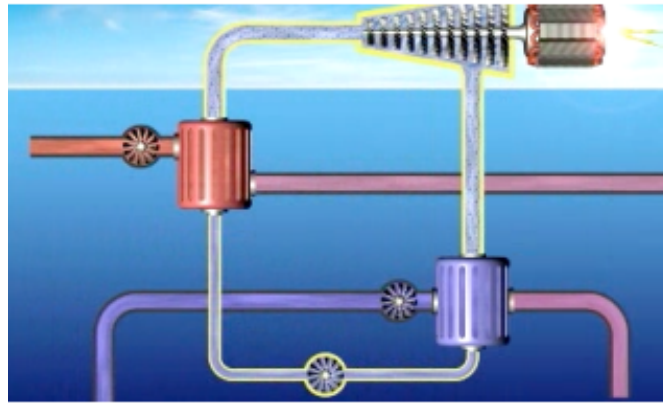


FIGURE 1.4 – Energie de mer

-La biomasse

Il s'agit d'énergie solaire stockée sous forme organique grâce à la photosynthèse. Cette énergie est exploitée par combustion.

Elle est considérée comme renouvelable si on admet que les quantités brûlées n'excèdent pas les quantités produites.

On peut citer notamment le masse des végétaux réunit le bois, la paille, les rafles de maïs, le biogaz et les biocarburants .

Le bois énergie représente 14 % de la consommation énergétique mondiale. Issu des déchets de la forêt ou des industries du bois, il est brûlé pour produire de la chaleur. Le biogaz est issu de la fermentation des déchets organiques. Sa combustion produit de la chaleur, mais également de l'électricité par cogénération. Les biocarburants proviennent de plantes cultivées (tournesol, betterave, colza).

Le biodiesel (ou Ester Méthylique d'Huile Végétale, EMHV), l'éthanol, et son dérivé, l'Ethyl-Tertio-Butyl-Ether, l'ETBE sont les plus courants. Ils sont mélangés à de l'essence ou à du gazole



FIGURE 1.5 – Dechet de bois pour la production de biomasse

-La géothermie

La géothermie vise à exploiter la chaleur naturelle du globe terrestre. Les gisements de chaleur sont de deux sortes : les sources géothermale haute énergie, où la vapeur sèche ou humide peut être utilisée pour la production d'électricité et les sources géothermales basse énergie, telles les sources d'eau chaude.

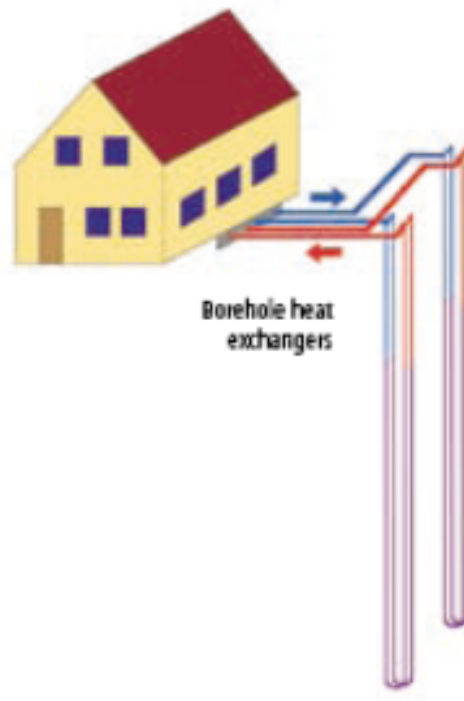


FIGURE 1.6 – L'énergie géothermique

Les énergies non renouvelables

Une énergie non renouvelable est une source d'énergie qui ne se renouvelle pas assez rapidement pour être considérée comme inépuisable à l'échelle de l'homme, ou même qui ne se renouvelle pas du tout, par opposition aux énergies renouvelables.

-Le charbon

Le charbon "la houille" (mot wallon francisé), est une roche carbonée. C'est également une roche combustible (fossile solide provenant de la décomposition d'organismes du carbonifère). Utilisé depuis le XI^e siècle, l'extraction de ce combustible dans les mines a rendu possible la révolution industrielle au XIX^e siècle. Pendant des décennies, la houille constitua la source principale d'énergie aussi son nom fut décliné pour désigner des énergies naturelles potentiellement utilisables pour les besoins industriels.

-Le pétrole

Le pétrole a été découvert à la fin de l'avant dernier siècle aux Etats-Unis, il s'est généralisé par la suite dans tous les pays industriels. Son véritable problème c'est qu'il est

disponible en quantités limitées.

Il faut en effet noter que ce vecteur cumule des points forts en ce qui concerne sa transportabilité, son stockage et sa facilité d'utilisation.

Tous ces facteurs ont fait de lui le produit le plus échangé internationalement.

Le pétrole est considéré comme énergie indispensable dans le fonctionnement de la machine économique, il est utilisé dans différents domaines comme l'essence et le gasoil dans les véhicules et le kérosène dans le trafic aérien, le fuel dans le trafic maritime et il est utilisé pour plein d'autres usages.

-Le gaz

Le gaz est un carburant ou combustible domestique ou industriel, c'est une source d'énergie volatile et invisible recueillie dans des gisements souterrains pouvant être conditionnée sous forme liquide.

Le gaz naturel est utilisé comme charge d'alimentation, comme source d'hydrogène et comme carburant dans la production d'électricité.

C'est aussi le carburant idéal pour les fours industriels et les hauts fourneaux à cause de la chaleur constante, de l'absence d'huiles et de cires et de sa très faible production de soufre et de poussière.

Comme il brûle proprement, le gaz utilisé à feu direct peut éliminer le recours à des accessoires tels des échangeurs de chaleur.

Le gaz est aussi l'énergie idéale de la maison il a trois usages principaux : chauffage, eau chaude sanitaire et cuisson.

-L'électricité

L'électricité est un phénomène énergétique associé à la mobilité ou au repos d'électrons, d'ions ou d'autres particules chargées positivement ou négativement. L'électricité est en effet une énergie secondaire, elle résulte de la transformation de la chaleur en énergie mécanique, laquelle est ensuite transformée en énergie électrique.

La chaleur peut provenir soit de la combustion d'un combustible " traditionnel"(charbon, fuel, gaz, bois), soit de la radioactivité d'un combustible nucléaire, soit du soleil.

L'électricité en générale est produite essentiellement par cinq types de centrales, les turbines à gaz, les turbines à vapeur, les turbines Diesel, les turbines Hydraulique et les cycles combinés.

-Le nucléaire

L'énergie nucléaire (appelé aussi énergie atomique) est dégagée par la désintégration du noyau de certains atomes, des atomes instables.

Pour acquérir une meilleure stabilité l'atome instable va se transformer en un autre type d'atome en explosant de l'énergie sous forme de rayonnements : c'est le phénomène de la radioactivité.

Les applications de l'énergie nucléaire concernent pour l'essentiel deux domaines :

-La production d'électricité dans des centrales nucléaires,

-La propulsion.

La propulsion est le principe qui permet à un corps de se mouvoir dans son espace environnant.

Elle est utilisée dans le domaine naval (principalement pour les flottes militaires, dans les sous-marins et les porte-avions).

Autre application est la production d'isotopes radioactifs utilisés dans l'industrie (radiographie de soudure par exemple) et en médecine (médecine nucléaire et radiothérapie).

1.2 Représentation des centrales de production par type

Les usines génératrices de l'énergie électrique peuvent se subdiviser en quatre catégories :

Les centrales hydrauliques

Dans ces centrales l'énergie est fournie par une chute d'eau provoquée par les vannes d'un barrage. Selon ce cas, l'usine est située au pied des barrages. L'eau arrive alors jusqu'à l'usine par une conduite forcée, dans laquelle elle circule sous forte pression qui fait tourner la turbine et sa rotation produit de l'énergie mécanique qui fait tourner à son tour l'alternateur qui produit du courant électrique.

Les centrales thermiques

La production de l'électricité dispose à quatre types de centrales thermiques à savoir : Turbine vapeur (TV), turbine gaz (TG), cycle combiné (CC) et centrale diesel (CD).

-Centrale turbine à vapeur (TV)

Les turbines peuvent fonctionner en utilisant plusieurs types de combustibles : gaz naturel, charbon, fuel, bois, gasoil . . . etc. L'énergie chimique du combustible se transforme en énergie calorifique dans une grande chaudière, cette énergie chauffe l'eau qui se transforme alors en vapeur, la vapeur fait tourner la turbine et sa rotation produit de l'énergie mécanique, laquelle fait tourner à son tour l'alternateur (3000tour=min) qui produit à son tour de l'énergie électrique.

-Centrale turbine à gaz (TG)

Dans les centrales turbinent gaz, les turbines fonctionnent en utilisant un seul combustible, le gaz. Le rendement est faible.

-Centrale à cycle combiné (CC)

Les centraux cycles combinés sont une combinaison entre les turbines vapeurs et les centrales turbines gaz. Les cycles combinés sont des candidats techniquement et économiquement intéressants pour un fonctionnement en base, en raison de leur très bon rendement et de leurs excellentes prestations environnementales lorsqu'on les compare, à puissances égales, aux autres types d'unités utilisant des combustibles fossiles.