

# Intégration des énergies renouvelables et du stockage de l'énergie

*Réseaux électriques intelligents (Smart Grids)*



Enseignant de la matière: Imen Souhila Bousmaha  
Docteure en Réseaux électriques UDL SBA- Maître  
assistante classe B à l'école Supérieure des sciences  
appliquées Tlemcen ESSAT. Contact :  
imenbousmaha@yahoo.fr .

Nom du cours/ Unité d'Enseignement & niveau :  
Réseaux électriques intelligents (Smart Grids)/ UEF 91  
pour les 5<sup>ème</sup> années ELT S5. Coefficient : 5 Crédits  
: 5.

# Table des matières



<b>Objectifs</b>	4
<b>I - Carte conceptuelle</b>	5
<b>II - Unité d'apprentissage 3</b>	6
1. Causes de l'intégration des énergies renouvelables .....	6
2. La production décentralisée .....	6
2.1. Exercice : La production décentralisée .....	6
2.2. Les énergies non renouvelables .....	6
2.3. Ressources énergétiques renouvelables .....	7
2.4. Exercice : Ressources énergétiques renouvelables .....	7
2.5. Exercice .....	7
3. Les stratégies de stockage .....	8
3.1. Le stockage centralisé .....	8
3.2. Le stockage décentralisé .....	8
4. Exercice : Le stockage centralisé .....	8
5. Différents moyens de stockage .....	8
5.1. Les stations de transfert d'énergie par pompage .....	8
5.2. Le stockage d'énergie sous forme comprimée .....	9
5.3. Stockage d'énergie grâce à l'hydrogène .....	9
5.4. Batteries électrochimiques .....	10
6. Les micro-grids .....	10
7. Exercice : Micro grids .....	11
8. Mesure de compréhension des séquences pédagogiques de l'unité d'apprentissage 3 .....	12
8.1. Exercice : Le stockage centralisé .....	12
8.2. Exercice : Ressources énergétiques renouvelables .....	12
8.3. Exercice .....	12
8.4. Exercice .....	12
8.5. Exercice : Micro grids .....	12
8.6. Orientation et remédiation locale .....	12
<b>III - Système de sortie</b>	13
1. Activité d'auto évaluation globale .....	14
2. Activité d'apprentissage globale .....	19
2.1. Exercice : Maîtriser les niveaux de tension sur le réseau électrique .....	19
2.2. Exercice : poste HTA/BT .....	19
2.3. Exercice .....	19
2.4. Exercice : Câble de garde .....	19
2.5. Exercice : Réseau de distribution .....	19

2.6. Exercice : Trous 100 .....	20
2.7. Exercice : Comprendre le modèle NIST .....	20
2.8. Exercice .....	20
2.9. Exercice : Causes de l'émergence des smart grids .....	20
2.10. Exercice : Service provider .....	21
2.11. Exercice : Modèle NIST .....	21
2.12. Exercice .....	21
2.13. Exercice : Caractériser les énergies renouvelables et non renouvelables .....	21
2.14. Exercice .....	22
2.15. Exercice : Micro grids .....	22
2.16. Exercice : La production décentralisée .....	22
2.17. Exercice : Ressources énergétiques renouvelables .....	22
2.18. Exercice : Le stockage centralisé .....	22
2.19. Exercice .....	22
2.20. Orientation et remédiation .....	22
<b>Solutions des exercices</b>	<b>24</b>
<b>Glossaire</b>	<b>33</b>
<b>Abréviations</b>	<b>35</b>
<b>Références</b>	<b>36</b>
<b>Bibliographie</b>	<b>37</b>
<b>Webographie</b>	<b>38</b>

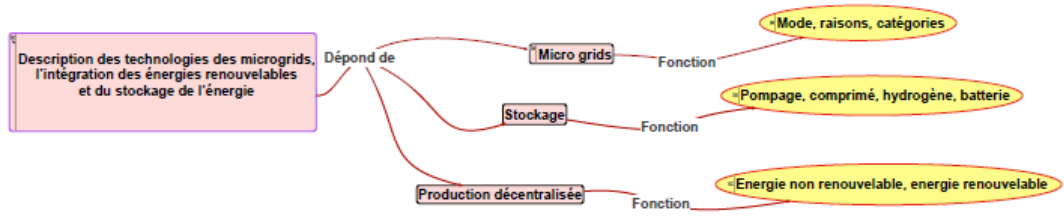
# Objectifs

A l'issu du chapitre 3 l'étudiant sera capable de:

- Intégrer les énergies renouvelables au smart grids.
- Identifier les différents stratégies de stockage de l'énergie.
- Acquérir les connaissances sur la technologies des micro-réseaux.

*Les pré-requis nécessaires au suivi de ce cours:* Réseaux électrique, Les différents types d'énergie (fossiles et renouvelables ) et leurs transformations, Connaissances de base en électrotechnique, électronique, chimie et thermodynamique.

# Carte conceptuelle



Carte conceptuelle CH3

# Unité d'apprentissage 3



## 1. Causes de l'intégration des énergies renouvelables

- La diminution des ressources énergétiques fossiles et la hausse durable de leur prix,
- l'augmentation considérable des besoins en énergie,
- les difficultés d'approvisionnement (fourniture),[9]\*
- le poids du secteur énergétique dans les émissions de CO2 et la lutte contre le changement climatique imposent d'adapter les modes de production et de consommation d'énergie.
- On sait bien que parmi les caractéristiques principales de smart grid qui a été défini par AIE est qu'il soit capable d'accueillir tout type de technologie de production, notamment les nouveaux générateurs dispersés qui permettent de fournir de l'électricité aux sites isolés et d'éviter la création de nouvelles lignes Référence300\*

## 2. La production décentralisée

Est un ensemble de technologies de production d'énergie à petite échelle situées à proximité de la charge desservie, capable de réduire les coûts, d'améliorer la fiabilité, de réduire les émissions et d'élargir les options énergétiques [10]\*

### 2.1. Exercice : La production décentralisée

[solution n°1 p.24]

réduire les émissions

améliorer la fiabilité

élargir les options énergétiques

réduire les coûts

### 2.2. Les énergies non renouvelables

- Le thermique à flamme, basé sur des turbines ou micro turbines à vapeur.

- Les moteurs à combustibles fossiles : Les turbines à gaz et les groupes diesel sont des moyens de productions utilisant une génératrice synchrone pour transformer l'énergie mécanique développée par celles-ci en énergie électrique. Ce type de production est le plus souvent envisagé pour des cogénérations de quelques mégawatts.
- Hydrogène : Les piles à combustible produisent directement de l'électricité à partir d'hydrogène et d'oxygène par réaction inverse de l'électrolyse de l'eau. Référence301\*

### 2.3. Ressources énergétiques renouvelables

Parmi les énergies solaire, citons l'énergie: Photovoltaïque, Thermique directe ,et Thermique à concentration[11]  
\*

*Solaire: Photovoltaïque, Thermique directe ,Thermique à concentration*



Nous retrouvons aussi l'énergie éolienne, biomasse et géothermique [13]\*

*l'énergie éolienne, biomasse et géothermique*



### 2.4. Exercice : Ressources énergétiques renouvelables

[solution n°2 p.24]

Parmi les énergies renouvelables à base du soleil, nous retrouvons l'énergie :

- éolienne
- Thermique directe
- biomasse
- Thermique à concentration
- Photovoltaïque

### 2.5. Exercice

[solution n°3 p.24]

c'est quoi énergie éolienne

### 3. Les stratégies de stockage

- L'électricité est un très bon vecteur énergétique car elle est la plus commode (pratique) à utiliser et peut se convertir sous d'autres formes d'énergie avec des rendements\* plus ou moins significatifs.
- Cependant elle est difficilement stockable\*. Idéalement ce stockage pourrait participer à maintenir un équilibre entre l'offre et la demande d'électricité, par exemple si on stockait l'électricité en période de faible demande\* ou alors durant les fortes productions des énergies intermittentes\*, on pourrait ensuite la restituer lors des pics de consommation\*.
- le terme de rendement – exprimé de façon concrète et générale sous la forme d'un ratio entre le résultat obtenu et le nombre d'outils nécessaires à son efficacité – va dans la pratique être décliné selon des formulations différentes pour correspondre le plus étroitement et le plus fidèlement possible aux paramètres réels de chaque activité.
- Il existe deux sortes de stockage; Référence 302\*

#### 3.1. Le stockage centralisé

Il est utilisé pour la gestion du réseau de transport afin d'obtenir un équilibre entre l'offre et la demande.

#### 3.2. Le stockage décentralisé

de dimension plus modeste\*, ce stockage est un appui pour pallier localement l'intermittence d'une source d'énergie renouvelable, ou alors répond aux exigences des applications mobiles dans les transports.

### 4. Exercice : Le stockage centralisé

[solution n°4 p.24]

Le stockage centralisé est utilisé pour la gestion du réseau de transport afin de

- obtenir un déséquilibre entre l'offre et la demande.
- obtenir un équilibre entre l'offre et la demande.

### 5. Différents moyens de stockage

Nous allons maintenant faire un rapide état des lieux des différents moyens de stockage utilisés actuellement.

#### 5.1. Les stations de transfert d'énergie par pompage

dans les STEP\*, l'eau est pompée d'un bassin inférieur ou d'un cours d'eau vers un bassin supérieur en cas d'excès d'électricité;

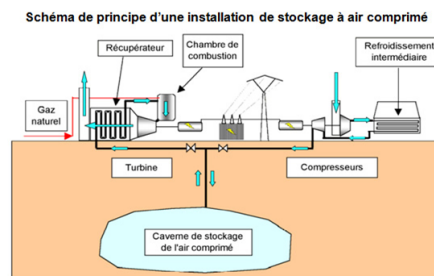
L'eau est ensuite turbinée lors de la pointe (75-80%, 3 GW\*) [12]\*





## 5.2. Le stockage d'énergie sous forme comprimée

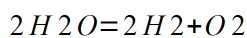
- Dans le cas du CAES\*, de l'air est comprimé aux heures creuses par un compresseur accouplé à une turbine à gaz et est stocké dans des cavités souterraines.
- Aux heures de pointe, l'air comprimé mélangé à un combustible en donnant un gaz de combustion (chaud peut être utilisé pour mettre en mouvement une turbine produisant de l'électricité.
- Il est également possible de récupérer la chaleur dégagée lors de la compression de l'air et de la stocker (stockage de chaleur sous haute pression) pour la restituer lors de la détente de l'air. Référence303\*



*stockage d'énergie sous forme comprimée*

## 5.3. Stockage d'énergie grâce à l'hydrogène

Les systèmes de stockage d'énergie grâce à l'hydrogène utilisent un électrolyseur intermittent. Pendant les périodes de faible consommation d'électricité, l'électrolyseur utilise de l'électricité pour décomposer de l'eau en oxygène et en hydrogène, selon l'équation ci dessous. Cet hydrogène est ensuite comprimé, liquéfié ou stocké sous forme d'hydrure métallique.



### Complément

Ensuite, il existe trois moyens différents pour réinjecter de l'électricité sur le réseau à partir de l'hydrogène stocké :

- le premier consiste à alimenter une pile à combustible ;
- le deuxième consiste à synthétiser du gaz naturel selon le procédé de la méthanisations. Ce gaz peut certes être injecté directement dans le réseau de gaz existant mais surtout être utilisé pour alimenter une centrale à gaz\* « classique », produisant de l'électricité ; Référence304\*
- le troisième consiste à utiliser l'hydrogène directement dans une centrale à gaz spécialement conçue à cet effet, afin de fabriquer de l'électricité.

## 5.4. Batteries électrochimiques

Les batteries électrochimiques sont conçues par empilement de disques composés de différents types d'éléments chimiques. Il existe ainsi des batteries plomb-acide, nickel-cadmium, nickel-hydrure métallique, lithium-ion, lithium-polymère, lithium-air, sodium-soufre, chlorure de sodium\*, etc. Rendement (60-90%)

	Pb	Ni-Cd	Ni-Mh	Ni-Zn	Zebra	LMP	Li-ion	Li-Po	LiFeo4	Li-air
Wh/kg	40	60	90	80	120	110	150	190	110	1000
Durée de vie (Cycle)	500	2000	1500	nc	nc	1800	1000	2000	2000	nc

*Batteries électrochimiques*

Cf. "Batteries électrochimiques"

## 6. Les micro-grids

### Définition

Appelé aussi mini Smart grids ou micro-réseaux intelligents,

les microgrids sont des réseaux électriques de petite taille, conçus pour fournir un approvisionnement (réserve) électrique fiable et de meilleure qualité à un petit nombre de consommateurs.

Ils agrègent (associent) de multiples installations de production locales et diffuses (micro-turbines, piles à combustible, petits générateurs diesel, panneaux photovoltaïques, mini-éoliennes, petite station hydraulique), des installations de consommation, des installations de stockage et des outils de supervision (contrôle) et de gestion de la demande.

### *Raisons pour le déploiement des microgrids*

La raison pour le déploiement des microgrids réside

dans la volonté de rapprocher la production d'électricité de sa consommation,

de limiter les investissements dans les réseaux de transport et de distribution et de réduire les pertes.

Et cela est aujourd'hui rendu possible par la multiplication des installations de production d'énergie décentralisées, solaires ou éoliennes et le développement des dispositifs de stockage.

### *Catégories des microgrids*

- les microgrids des zones commerciales, artisanales ou industrielles
- les microgrids de campus universitaire
- les microgrids alimentant des zones isolées car faiblement ou non raccordées aux réseaux électriques ou temporairement coupées du réseau pour cause d'intempéries
- les éco quartiers (cartier écologique)
- les microgrids de « base de vie » (camp militaire ou hôpital)

## 7. Exercice : Micro grids

[solution n°5 p.24]

c'est quoi les micro grids



## 8. Mesure de compréhension des séquences pédagogiques de l'unité d'apprentissage 3

### 8.1. Exercice : Le stockage centralisé

[solution n°6 p.25]

Le stockage centralisé est utilisé pour la gestion du réseau de transport afin de

- obtenir un déséquilibre entre l'offre et la demande.
- obtenir un équilibre entre l'offre et la demande.

### 8.2. Exercice : Ressources énergétiques renouvelables

[solution n°7 p.25]

Parmi les énergies renouvelables à base du soleil, nous retrouvons l'énergie :

- éolienne
- Thermique directe
- biomasse
- Thermique à concentration
- Photovoltaïque

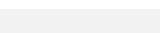
### 8.3. Exercice

[solution n°8 p.25]

c'est quoi énergie éolienne

### 8.4. Exercice

[solution n°9 p.25]

Les batteries électrochimiques sont conçues par  de disques composés de différents types d'éléments chimiques

### 8.5. Exercice : Micro grids

[solution n°10 p.24]

c'est quoi les micro grids

### 8.6. Orientation et remédiation locale

« Orientation »

L'apprenant réussit l'activité d'apprentissage: orientation vers le système de sortie

« Remédiation »

- L'activité d'apprentissage n'est pas réussi : remédiations proposées à l'apprenant vers les parties de l'unité d'apprentissage 3 non assimilées convenablement.

# Système de sortie



Le passage du système d'apprentissage vers le système de sortie est lié à la maîtrise parfaite du cours afin de réussir l'évaluation finale.



# 1. Activité d'auto évaluation globale

Exercice : Maîtriser les niveaux de tension sur le réseau électrique

[solution n°11 p.25]

MT BTB BTA HT THT HTB HTA

Tension de la centrale de production	Tension lors du transport	La distribution se fait en
--------------------------------------	---------------------------	----------------------------

Exercice : poste HTA/BT

[solution n°12 p.25]

c'est quoi un poste HTA/BT

Exercice

[solution n°13 p.26]

Transport  
Distribution  
Production

Exercice : Câble de garde

[solution n°14 p.26]

Le rôle du câble de garde est

- protection des conducteurs de phase contre les coup de foudre direct.
- transport des courants homo polaires et harmoniques.
- Transport de l'énergie

Exercice : Réseau de distribution

[solution n°15 p.26]

La distribution d'électricité se fait en:

- Haute tension
- Basse tension

Exercice : Trous 100

[solution n°16 p.26]

La fission consiste à casser le noyau de l'atome d'uranium, en le bombardant de neutrons, afin qu'il se brise en plusieurs noyaux plus petits [ ] ainsi de l'énergie.

Exercice : Trous 101

[solution n°17 p.26]

- pour palier à la faible rigidité mécanique
- ⇒ utilisation d' [ ]
- ⇒ conducteur multiples en faisceau pour une phase : lignes à plusieurs ternes ≈ plusieurs lignes.

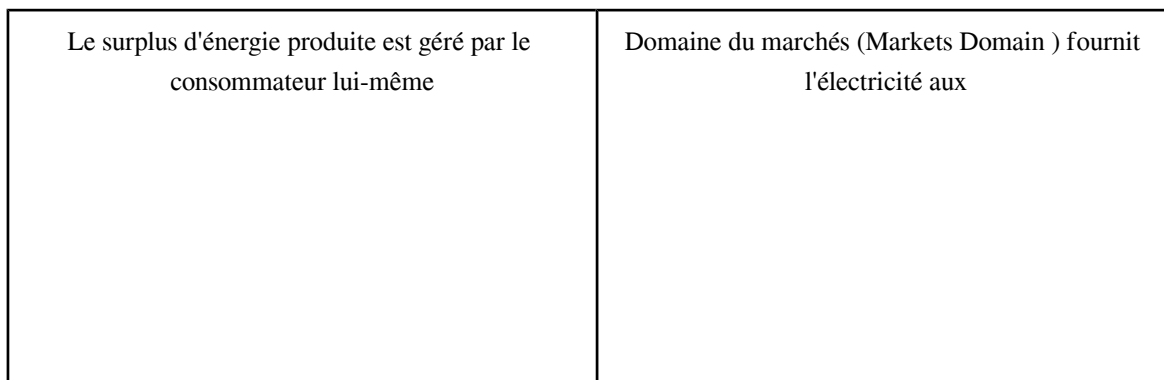
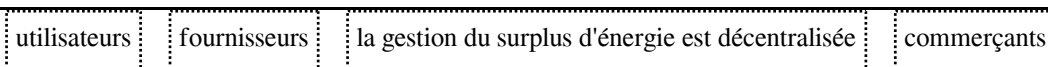
Exercice : Trous 102

[solution n°18 p.26]

- Elles sont utilisées :
- zones à fortes [ ] de population (agglomérations).

Exercice : Comprendre le modèle NIST

[solution n°19 p.27]



Exercice

[solution n°20 p.27]

C'est quoi le customer domain

Exercice : Causes de l'émergence des smart grids

[solution n°21 p.27]

- accroître l'efficacité énergétique de 20 %
- réduire de 20 % les émissions de CO2 des pays de l'Union
- passer à 20 % la part des énergies renouvelables



## Exercice : Service provider

[solution n°22 p.27]

Le rôle du service provider

- Fournit l'électricité aux clients et services publics .
- compose de détaillants qui fournissent de l'électricité aux utilisateurs, fournisseurs, et commerçants.
- 

Il gère des services comme la facturation et la gestion des profils des clients pour les entreprises de services publics.

Il communique avec le domaine d'opérations pour obtenir les informations de consommation, de connaissance de la situation et de contrôle du système.

Communiquer avec les réseau de communication domestique dans le domaine de la clientèle pour fournir des services intelligents comme la gestion des utilisations d'énergie.

- responsable du bon fonctionnement du système d'alimentation

## Exercice : Modèle NIST

[solution n°23 p.28]

Dans l'architecture de NIST, chaque consommateur peut produire de l'électricité en utilisant les ressources renouvelables. Le surplus d'énergie produite est géré par :

- le consommateur lui-même
- le producteur

## Exercice

[solution n°24 p.28]

La couche de systèmes d'énergie (power layer) est la chaîne de valeur électrique sert à acheminer l'   par une infrastructure classique d'ouvrages électriques (lignes, transformateurs, etc.) tout au long de la génération jusqu'au consommateur.



Exercice : Caractériser les énergies renouvelables et non renouvelables

[solution n°25 p.28]

Thermique directe	Thermique à concentration	Thermique à flamme
Les moteurs à combustibles fossiles	Les piles à combustible	Photovoltaïque
Les énergies non renouvelables sont de type		Les énergies renouvelables de type solaire sont identifié par la catégorie

Exercice

[solution n°26 p.28]

c'est quoi énergie éolienne

Exercice : La production décentralisée

[solution n°27 p.28]

- élargir les options énergétiques
- améliorer la fiabilité
- réduire les coûts
- réduire les émissions

Exercice : Ressources énergétiques renouvelables

[solution n°28 p.29]

Parmi les énergies renouvelables à base du soleil, nous retrouvons l'énergie :

- éolienne
- Thermique directe
- biomasse
- Thermique à concentration
- Photovoltaïque



Exercice : Le stockage centralisé

[solution n°29 p.29]

Le stockage centralisé est utilisé pour la gestion du réseau de transport afin de

- obtenir un déséquilibre entre l'offre et la demande.
- obtenir un équilibre entre l'offre et la demande.

Exercice

[solution n°30 p.29]

Les batteries électrochimiques sont conçues par  de disques composés de différents types d'éléments chimiques

## 2. Activité d'apprentissage globale

### 2.1. Exercice : Maîtriser les niveaux de tension sur le réseau électrique

[solution n°31 p.29]

THT HTB BTA BTB MT HT HTA

Tension de la centrale de production	Tension lors du transport	La distribution se fait en

### 2.2. Exercice : poste HTA/BT

[solution n°32 p.29]

c'est quoi un poste HTA/BT

### 2.3. Exercice

[solution n°33 p.30]

Transport

Distribution

Production

### 2.4. Exercice : Câble de garde

[solution n°34 p.30]

Le rôle du câble de garde est

- protection des conducteurs de phase contre les coup de foudre direct.
- transport des courants homo polaires et harmoniques.
- Transport de l'énergie

### 2.5. Exercice : Réseau de distribution

[solution n°35 p.30]

La distribution d'électricité se fait en:

- Haute tension
- Basse tension

**2.6. Exercice : Trous 100**

[solution n°36 p.30]

La fission consiste à casser le noyau de l'atome d'uranium, en le bombardant de neutrons, afin qu'il se brise en plusieurs noyaux plus petits ainsi de l'énergie.

**2.7. Exercice : Comprendre le modèle NIST**

[solution n°37 p.30]

fournisseurs    utilisateurs    commerçants    la gestion du surplus d'énergie est décentralisée

Le surplus d'énergie produite est géré par le consommateur lui-même	Domaine du marchés (Markets Domain ) fournit l'électricité aux
---	--

**2.8. Exercice**

[solution n°38 p.31]

C'est quoi le customer domain

**2.9. Exercice : Causes de l'émergence des smart grids**

[solution n°39 p.31]

réduire de 20 % les émissions de CO2 des pays de l'Union

accroître l'efficacité énergétique de 20 %

passer à 20 % la part des énergies renouvelables

### 2.10. Exercice : Service provider

[solution n°40 p.31]

Le rôle du service provider

- Fournit l'électricité aux clients et services publics .
- compose de détaillants qui fournissent de l'électricité aux utilisateurs, fournisseurs, et commerçants.
- 
- Il gère des services comme la facturation et la gestion des profils des clients pour les entreprises de services publics.
- 
- Il communique avec le domaine d'opérations pour obtenir les informations de consommation, de connaissance de la situation et de contrôle du système.
- 
- Communiquer avec les réseau de communication domestique dans le domaine de la clientèle pour fournir des services intelligents comme la gestion des utilisations d'énergie.
- responsable du bon fonctionnement du système d'alimentation

### 2.11. Exercice : Modèle NIST

[solution n°41 p.32]

Dans l'architecture de NIST, chaque consommateur peut produire de l'électricité en utilisant les ressources renouvelables. Le surplus d'énergie produite est géré par :

- le consommateur lui-même
- le producteur

### 2.12. Exercice

[solution n°42 p.32]

La couche de systèmes d'énergie (power layer) est la chaîne de valeur électrique sert à acheminer l' [ ] par une infrastructure classique d'ouvrages électriques (lignes, transformateurs, etc.) tout au long de la génération jusqu'au consommateur.

### 2.13. Exercice : Caractériser les énergies renouvelables et non renouvelables

[solution n°43 p.32]

- Photovoltaïque
- Thermique à flamme
- Thermique directe
- Thermique à concentration
- Les moteurs à combustibles fossiles
- Les piles à combustible

<p>Les énergies non renouvelables sont de type</p>	<p>Les énergies renouvelables de type solaire sont identifié par la catégorie</p>
--	---



### 2.14. Exercice

[solution n°44 p.25]

c'est quoi énergie éolienne

### 2.15. Exercice : Micro grids

[solution n°45 p.24]

c'est quoi les micro grids

### 2.16. Exercice : La production décentralisée

[solution n°46 p.32]

améliorer la fiabilité

réduire les coûts

élargir les options énergétiques

réduire les émissions

### 2.17. Exercice : Ressources énergétiques renouvelables

[solution n°47 p.25]

Parmi les énergies renouvelables à base du soleil, nous retrouvons l'énergie :

- éolienne
- Thermique directe
- biomasse
- Thermique à concentration
- Photovoltaïque

### 2.18. Exercice : Le stockage centralisé

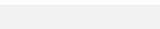
[solution n°48 p.25]

Le stockage centralisé est utilisé pour la gestion du réseau de transport afin de

- obtenir un déséquilibre entre l'offre et la demande.
- obtenir un équilibre entre l'offre et la demande.

### 2.19. Exercice

[solution n°49 p.25]

Les batteries électrochimiques sont conçues par  de disques composés de différents types d'éléments chimiques

### 2.20. Orientation et remédiation

#### *Orientation et Feedback*

L'apprenant réussit le post test : orientation vers une autre unité d'apprentissage.

« *Remédiation* »

- Les post test n'est pas réussi : remédiations proposées à l'apprenant vers les parties du cours non assimilée convenablement ou alors vers d'autres systèmes pédagogiques d'apprentissage.





# Solutions des exercices

## > Solution n°1

Exercice p. 6

réduire les coûts

améliorer la fiabilité

réduire les émissions

élargir les options énergétiques

La production décentralisée est un ensemble de technologies de production d'énergie à petite échelle situées à proximité de la charge desservie capable de satisfaire ces quatre critères et par ordre.

## > Solution n°2

Exercice p. 7

Parmi les énergies renouvelables à base du soleil, nous retrouvons l'énergie :

- éolienne
- Thermique directe
- biomasse
- Thermique à concentration
- Photovoltaïque

## > Solution n°3

Exercice p. 7

c'est quoi énergie éolienne

c'est l'énergie électrique produite par le vent à travers des éoliennes

## > Solution n°4

Exercice p. 8

Le stockage centralisé est utilisé pour la gestion du réseau de transport afin de

- obtenir un déséquilibre entre l'offre et la demande.
- obtenir un équilibre entre l'offre et la demande.

## > Solution n°5

Exercice p. 11, 12, 22

c'est quoi les micro grids



les microgrids sont des réseaux électriques de petite taille, conçus pour fournir un approvisionnement électrique fiable et de meilleure qualité à un petit nombre de consommateurs.

> **Solution n°6**

Exercice p. 12, 22

Le stockage centralisé est utilisé pour la gestion du réseau de transport afin de

- obtenir un déséquilibre entre l'offre et la demande.
- obtenir un équilibre entre l'offre et la demande.

> **Solution n°7**

Exercice p. 12, 22

Parmi les énergies renouvelables à base du soleil, nous retrouvons l'énergie :

- éolienne
- Thermique directe
- biomasse
- Thermique à concentration
- Photovoltaïque

> **Solution n°8**

Exercice p. 12, 22

c'est quoi énergie éolienne

c'est l'énergie électrique produite par le vent à travers des éoliennes

> **Solution n°9**

Exercice p. 12, 22

Les batteries électrochimiques sont conçues par empilement de disques composés de différents types d'éléments chimiques

> **Solution n°10**

Exercice p. 14

Tension de la centrale de production	Tension lors du transport	La distribution se fait en
HTA	HT	BTA
MT	HTB	BTB
	THT	

> **Solution n°11**

Exercice p. 14

c'est quoi un poste HTA/BT

C'est un transformateur abaisseur de la haute tension classe A à la basse tension

> **Solution n°12**

Exercice p. 14



Un réseau d'électricité doit subir ces trois phases et dans cet ordre

> **Solution n°13**

Exercice p. 14

Le rôle du câble de garde est

- protection des conducteurs de phase contre les coup de foudre direct.
- transport des courants homo polaires et harmoniques.
- Transport de l'énergie

> **Solution n°14**

Exercice p. 14

La distribution d'électricité se fait en:

- Haute tension
- Basse tension

> **Solution n°15**

Exercice p. 15

La fission consiste à casser le noyau de l'atome d'uranium, en le bombardant de neutrons, afin qu'il se brise en plusieurs noyaux plus petits produisant ainsi de l'énergie.

> **Solution n°16**

Exercice p. 15

- pour palier à la faible rigidité mécanique

⇒ utilisation d'alliage

⇒ conducteur multiples en faisceau pour une phase : lignes à plusieurs ternes ≈ plusieurs lignes.

> **Solution n°17**

Exercice p. 15

Elles sont utilisées :

- zones à fortes densités de population (agglomérations).

> **Solution n°18**

Exercice p. 15

Le surplus d'énergie produite est géré par le consommateur lui-même	Domaine du marchés (Markets Domain ) fournit l'électricité aux
la gestion du surplus d'énergie est décentralisée	utilisateurs commerçants fournisseurs

> **Solution n°19**

Exercice p. 15

C'est quoi le customer domain

c'est le domaine de la clientèle, il contient les utilisateurs finaux de l'électricité.

> **Solution n°20**

Exercice p. 15

passer à 20 % la part des énergies renouvelables

réduire de 20 % les émissions de CO2 des pays de l'Union

accroître l'efficacité énergétique de 20 %

l'émergence des réseaux intelligents doit satisfaire les trois critères ci dessus et dans cet ordre

> **Solution n°21**

Exercice p. 16

Le rôle du service provider

- Fournit l'électricité aux clients et services publics .
- compose de détaillants qui fournissent de l'électricité aux utilisateurs, fournisseurs, et commerçants.
- 

Il gère des services comme la facturation et la gestion des profils des clients pour les entreprises de services publics.



Il communique avec le domaine d'opérations pour obtenir les informations de consommation, de connaissance de la situation et de contrôle du système.



Communiquer avec les réseau de communication domestique dans le domaine de la clientèle pour fournir des services intelligents comme la gestion des utilisations d'énergie.

responsable du bon fonctionnement du système d'alimentation

### > **Solution n°22**

Exercice p. 16

Dans l'architecture de NIST, chaque consommateur peut produire de l'électricité en utilisant les ressources renouvelables. Le surplus d'énergie produite est géré par :

le consommateur lui-même

le producteur

### > **Solution n°23**

Exercice p. 16

La couche de systèmes d'énergie (power layer) est la chaîne de valeur électrique sert à acheminer l'électricité par une infrastructure classique d'ouvrages électriques (lignes, transformateurs, etc.) tout au long de la génération jusqu'au consommateur.

### > **Solution n°24**

Exercice p. 17

Les énergies non renouvelables sont de type	Les énergies renouvelables de type solaire sont identifié par la catégorie
Les piles à combustible	Thermique directe
Les moteurs à combustibles fossiles	Thermique à concentration
Thermique à flamme	Photovoltaïque

### > **Solution n°25**

Exercice p. 17

c'est quoi énergie éolienne

c'est l'énergie électrique produite par le vent à travers des éoliennes

> **Solution n°26**

Exercice p. 17

réduire les coûts

améliorer la fiabilité

réduire les émissions

élargir les options énergétiques

La production décentralisée est un ensemble de technologies de production d'énergie à petite échelle situées à proximité de la charge desservie capable de satisfaire ces quatre critères et par ordre.

> **Solution n°27**

Exercice p. 17

Parmi les énergies renouvelables à base du soleil, nous retrouvons l'énergie :

- éolienne
- Thermique directe
- biomasse
- Thermique à concentration
- Photovoltaïque

> **Solution n°28**

Exercice p. 18

Le stockage centralisé est utilisé pour la gestion du réseau de transport afin de

- obtenir un déséquilibre entre l'offre et la demande.
- obtenir un équilibre entre l'offre et la demande.

> **Solution n°29**

Exercice p. 18

Les batteries électrochimiques sont conçues par empilement de disques composés de différents types d'éléments chimiques

> **Solution n°30**

Exercice p. 19

Tension de la centrale de production	Tension lors du transport	La distribution se fait en
HTA	HT	BTA
MT	HTB	BTB
	THT	

> **Solution n°31**

Exercice p. 19

c'est quoi un poste HTA/BT

C'est un transformateur abaisseur de la haute tension classe A à la basse tension

> **Solution n°32**

Exercice p. 19

Production

Transport

Distribution

Un réseau d'électricité doit subir ces trois phases et dans cet ordre

> **Solution n°33**

Exercice p. 19

Le rôle du câble de garde est

- protection des conducteurs de phase contre les coup de foudre direct.
- transport des courants homo polaires et harmoniques.
- Transport de l'énergie

> **Solution n°34**

Exercice p. 19

La distribution d'électricité se fait en:

- Haute tension
- Basse tension

> **Solution n°35**

Exercice p. 20

La fission consiste à casser le noyau de l'atome d'uranium, en le bombardant de neutrons, afin qu'il se brise en plusieurs noyaux plus petits produisant ainsi de l'énergie.

> **Solution n°36**

Exercice p. 20

Le surplus d'énergie produite est géré par le consommateur lui-même	Domaine du marchés (Markets Domain ) fournit l'électricité aux
<div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">la gestion du surplus d'énergie est décentralisée</div>	<div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">utilisateurs</div> <div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">commerçants</div> <div style="border: 1px dashed black; padding: 5px;">fournisseurs</div>

> **Solution n°37**

Exercice p. 20

C'est quoi le customer domain

c'est le domaine de la clientèle, il contient les utilisateurs finaux de l'électricité.

> **Solution n°38**

Exercice p. 20

passer à 20 % la part des énergies renouvelables

réduire de 20 % les émissions de CO2 des pays de l'Union

accroître l'efficacité énergétique de 20 %

l'émergence des réseaux intelligents doit satisfaire les trois critères ci dessus et dans cet ordre

> **Solution n°39**

Exercice p. 21

Le rôle du service provider

Fournit l'électricité aux clients et services publics .

compose de détaillants qui fournissent de l'électricité aux utilisateurs, fournisseurs, et commerçants.

Il gère des services comme la facturation et la gestion des profils des clients pour les entreprises de services publics.

Il communique avec le domaine d'opérations pour obtenir les informations de consommation, de connaissance de la situation et de contrôle du système.

Communiquer avec les réseau de communication domestique dans le domaine de la clientèle pour fournir des services intelligents comme la gestion des utilisations d'énergie.

- responsable du bon fonctionnement du système d'alimentation

> **Solution n°40**

Exercice p. 21

Dans l'architecture de NIST, chaque consommateur peut produire de l'électricité en utilisant les ressources renouvelables. Le surplus d'énergie produite est géré par :

- le consommateur lui-même
- le producteur

> **Solution n°41**

Exercice p. 21

La couche de systèmes d'énergie (power layer) est la chaîne de valeur électrique sert à acheminer l'électricité par une infrastructure classique d'ouvrages électriques (lignes, transformateurs, etc.) tout au long de la génération jusqu'au consommateur.

> **Solution n°42**

Exercice p. 21

Les énergies non renouvelables sont de type	Les énergies renouvelables de type solaire sont identifiées par la catégorie
Les piles à combustible	Thermique directe
Les moteurs à combustibles fossiles	Thermique à concentration
Thermique à flamme	Photovoltaïque

> **Solution n°43**

Exercice p. 22

- réduire les coûts    améliorer la fiabilité    réduire les émissions    élargir les options énergétiques

La production décentralisée est un ensemble de technologies de production d'énergie à petite échelle situées à proximité de la charge desservie capable de satisfaire ces quatre critères et par ordre.



# Glossaire

## **Centrale à gaz**

Une centrale thermique est une centrale électrique qui produit de l'électricité à partir d'une source de chaleur selon le principe des machines thermiques. Certaines installations utilisent une partie de cette chaleur pour d'autres application : on parle alors de cogénération.

## **chlorure de sodium**

Le chlorure de sodium est un composé chimique ionique de formule NaCl.

## **des pics de consommation**

Une pointe de consommation électrique est la consommation la plus élevée d'un réseau électrique pendant une période définie (jour, mois, saison, etc.). Elle dépend de la localisation et de la période étudiée et, du fait de la difficulté du stockage de l'électricité, pose des problèmes particuliers aux gestionnaires de réseaux et aux producteurs d'électricité.

## **énergies intermittentes**

Les sources d'énergie intermittentes sont les sources de production d'énergie renouvelable qui ne sont pas disponibles en permanence et dont la disponibilité varie fortement sans possibilité de contrôle. Certaines de ces sources d'énergie ont des variations régulières et prévisibles comme l'énergie marémotrice et (partiellement) l'énergie solaire, d'autres sont moins régulières comme l'énergie éolienne.

## **faible demande**

est une charge dont les choix de construction (orientation du bâtiment, matériaux et types d'énergies utilisés) permettent de limiter la consommation énergétique.

## **modeste**

Qui a de la réserve, qui ne fait pas dans l'excès. Par extension, qualifie un caractère qui ne se vante pas de ses mérites quels qu'ils soient.

## **rendements**

le terme de rendement – exprimé de façon concrète et générale sous la forme d'un ratio entre le résultat obtenu et le nombre d'outils nécessaires à son efficacité – va dans la pratique être décliné selon des formulations différentes pour correspondre le plus étroitement et le plus fidèlement possible aux paramètres réels de chaque activité.

## **stockable**

Le stockage de l'énergie consiste à mettre en réserve une quantité d'énergie provenant d'une source d'énergie en un lieu donné, sous une forme aisément utilisable, pour une utilisation ultérieure. Il est nécessaire pour valoriser avec efficacité les énergies renouvelables et propres lorsqu'elles sont intermittentes, telles que l'énergie éolienne et l'énergie solaire. Stocker des calories ou de l'électricité permet de stabiliser les réseaux énergétiques, lisser les irrégularités de production/consommation dans le contexte de développement des énergies renouvelables, l'alimentation énergétique de sites insulaires ou isolés.

# Abréviations

**CAES** : stockage d'énergie sous forme comprimée

**GW** : Giga watt

**STEP** : stations de transfert d'énergie par pompage

# Références



*Référence300*

BA, Ahmadou Saïd. Accès universel et durable à l'électricité au Sénégal. 2018.

*Référence301*

NOUIKES, Sofiane. Conception et commande d'un système de production décentralisée. 2018. PhD Thesis. Université Mohamed Boudiaf-M'sila.

*Référence302*

AISSAT, Rima; MESSAHLI, Ghanima; MEZIANI, M. Encadreur. L'impact de la formation des salariés sur le développement des connaissances et des compétences. 2018. PhD Thesis. Université abderrahman Mira BEJAIA /Aboudaou.

*Référence303*

ABDEREZZAK, Bilal. Introduction aux phénomènes de transferts dans la pile à combustible PEMFC. ISTE editions, 2018.

*Référence304*

ANDRE, Cyril. Centre de développement durable d'Ayent. 2017. PhD Thesis. Haute Ecole d'Ingénierie.

# Bibliographie

[10]PANKOW, Yann. *Etude de l'intégration de la production décentralisée dans un réseau basse tension. Application au générateur photovoltaïque*. National School Superior of Art and Trades, Lille, 2004.<http://l2ep.univ-lille1.fr/fileupload/file/theses/YannPankow.pdf>

[11]MULTON, Bernard, et al. *Situation énergétique mondiale à l'aube du 3ème millénaire. Perspectives offertes par les ressources renouvelables*. revue 3EI, 2004, pp. 20-33.[https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00676124/file/AnalyseEnergie\\_3EI\\_2004.pdf](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00676124/file/AnalyseEnergie_3EI_2004.pdf)

[12]MARNEZY, Alain. *Les barrages alpins. De l'énergie hydraulique à la neige de culture*. Journal of Alpine Research | Revue de géographie alpine, 2008, 96-1: 92-102.<https://journals.openedition.org/rga/422>

[9][https://tel.archives-ouvertes.fr/docs/00/17/91/64/PDF/These\\_VECHIU.pdf](https://tel.archives-ouvertes.fr/docs/00/17/91/64/PDF/These_VECHIU.pdf) VECHIU, Ionel. *Modélisation et analyse de l'intégration des énergies renouvelables dans un réseau autonome*. 2005. PhD Thesis. Université du Havre.

# Webographie



[13]<http://www.smartgrids-cre.fr/>