

EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE ET CONSTRUCTION DURABLE

FORMATION AUX OUTILS NUMÉRIQUES POUR LES
FORMATEURS DANS LE SECTEUR DE LA
CONSTRUCTION

(Project CONDAP)

Javier Cárcel Carrasco¹

Elisa Peñalvo López¹

José Ramón Albiol Ibáñez¹

José Manuel Gandía Romero¹

(¹Universitat Politècnica de València)



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

Ingeniería y Tecnología



EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE ET CONSTRUCTION DURABLE

FORMATION AUX OUTILS NUMÉRIQUES POUR LES FORMATEURS DANS LE SECTEUR DE LA CONSTRUCTION

(Project CONDAP)

Javier Cárcel Carrasco¹

Elisa Peñalvo López¹

José Ramón Albiol Ibáñez¹

José Manuel Gandía Romero¹

(¹Universitat Politècnica de València)



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

Ces travaux ont été réalisés dans le cadre du projet CONDAP "Digital skills for workplace mentors in construction sector apprenticeships." financé par l'Union européenne au titre du programme Erasmus+ et de l'action clé 2 : Coopération pour l'innovation et l'échange de bonnes pratiques (partenariats stratégiques pour l'enseignement et la formation professionnels), Numéro de référence 2018-1-UK01-KA202-048122.

La réalisation de ce travail a été possible grâce aux contributions de toutes les personnes qui composent les différentes équipes du projet CONDAP (Instructus -UK; Vilniaus statybininku rengimo centras-Lituanie; Universitat Politècnica de València-Espagne; EXELIA-Grèce; EBC -Belgique), ainsi que les entreprises et organisations dont une partie du contenu de cet ouvrage a été extraite.



Editorial Área de Innovación y Desarrollo,S.L.

Quedan todos los derechos reservados. Esta publicación no puede ser reproducida, distribuida, comunicada públicamente o utilizada, total o parcialmente, sin previa autorización.

© del texto: **los autores**

ÁREA DE INNOVACIÓN Y DESARROLLO, S.L.

C/Alzadora, 17 - 03802 - ALCOY (ALICANTE) info@3ciencias.com

Primera edición: **abril 2021**

ISBN: **978-84-123661-6-7**

DOI: <https://doi.org/10.17993/IngyTec.2021.74>

PROLOGUE

Formation aux outils numériques pour le secteur de la construction (Projet CONDAP)

Le présent est caractérisé par un changement sans précédent, connu sous le nom de Troisième Révolution Industrielle, où de nouvelles technologies telles que les énergies renouvelables ou les outils numériques de gestion et de transmission prennent forme et où le développement professionnel futur doit être ciblé, afin qu'il n'y ait pas de décalage entre l'offre et la demande d'emploi. En ce qui concerne le secteur de la construction, nous pourrions aborder l'introduction des nouvelles technologies sous trois aspects différents : la construction économe en énergie et durable, la numérisation et les compétences en matière d'organisation, de gestion et de communication.

D'une part, les mesures d'efficacité énergétique requises par les institutions sont de plus en plus exigeantes. Selon les objectifs de développement durable et les objectifs européens pour 2030, l'efficacité énergétique doit être augmentée de 35 %, les émissions de gaz à effet de serre doivent être réduites de 40 % et un taux d'énergie renouvelable de 35 % doit être atteint. Le nouveau défi pour le secteur du bâtiment est d'élargir encore les connaissances et d'intégrer les technologies environnementales modernes et de mettre en œuvre ces mesures d'efficacité énergétique dans ces dernières afin de réduire la consommation et de devenir plus durable avec l'environnement. À l'échelle mondiale, les bâtiments consomment plus d'un tiers de l'énergie totale utilisée dans les utilisations finales et sont à l'origine de près d'un cinquième des émissions totales de gaz à effet de serre. La réduction de la consommation d'énergie dans les bâtiments est un impératif en matière de changement climatique, mais c'est aussi une opportunité commerciale.

D'autre part, le secteur de la construction évolue également rapidement avec les technologies numériques. Récemment, le potentiel des systèmes BIM (Building Information Modeling) pour la gestion efficace des projets de construction commence à être exploité. Il s'agit d'un logiciel capable de représenter les propriétés physiques et fonctionnelles d'un bâtiment de telle sorte qu'une ressource de connaissances soit obtenue dans un environnement technologique commun où les informations sont partagées et constitue une base fiable pour les décisions pendant le cycle de vie du projet, depuis sa conception jusqu'à sa démolition. Ces types d'outils permettent de réaliser de nombreuses économies et de rationaliser les processus, ils seront donc essentiels dans un avenir imminent et il est important que les stagiaires actuels les connaissent bien.

Enfin, il faut souligner l'importance des compétences en matière de gestion et de communication au niveau de l'organisation. La manière dont l'information circule dans une organisation, entre les départements, entre les collègues de la direction, les formateurs et les stagiaires est cruciale. Il s'agit d'un processus complexe qui prend beaucoup de temps à construire, à entretenir et à améliorer en permanence. Une

communication efficace peut rendre la collaboration productive et mutuellement bénéfique, en particulier pour les formateurs. L'utilisation et la mise en œuvre des technologies numériques pour la communication, ainsi que les réseaux sociaux et les environnements virtuels peuvent également nous offrir très efficacement le soutien nécessaire à une bonne communication et à une bonne gestion dans le domaine des travaux de construction.

Le projet CONDAP vise à soutenir l'offre de formation professionnelle pour les formateurs dans le secteur de la construction en proposant un cours modulaire complet qui garantit un accès facile et gratuit au matériel et aux outils pédagogiques pertinents, répondant ainsi aux besoins des prestataires de formation professionnelle et des stagiaires du secteur. Après avoir recueilli les opinions des différents acteurs du secteur du bâtiment et de la formation au moyen de différentes enquêtes et études documentaires, les partenaires du projet ont élaboré trois unités thématiques différentes à cette fin:

- UD1: Efficacité énergétique et construction durable
- UD2: La numérisation dans la construction
- UD3: Compétences en matière d'organisation, de gestion et de communication

Ce livre contient une collection de la première unité didactique.

Le consortium de ce projet est formé par cinq partenaires de différents pays et avec des profils différents mais complémentaires afin de répondre aux objectifs du projet. Les différents partenaires sont issus du secteur de la formation professionnelle, de la recherche et du monde universitaire. Plus précisément, le consortium est composé des organisations suivantes:

- * INSTRUCTUS (www.instructus.org)- Royaume-Uni
- * Vilniaus statybininku rengimo centras (www.vsrc.lt)- Lituanie
- * Universitat Politècnica de València (<http://www.upv.es/>)- Espagne
- * EXELIA (www.exelia.gr/en)- Grèce
- * EBC (<http://www.ebc-construction.eu/>)- Belgique

Ce travail a été possible grâce aux contributions de toutes les personnes qui forment les différentes équipes du projet CONDAP, ainsi que des entreprises et organisations dont ont été extraits certains contenus du présent travail.

Ces travaux ont été réalisés dans le cadre du projet CONDAP "Digital skills for workplace mentors in construction sector apprenticeships." financé par l'Union européenne au titre du programme Erasmus+ et de l'action clé 2 : Coopération pour l'innovation et l'échange de bonnes pratiques (partenariats stratégiques pour l'enseignement et la formation professionnels), Numéro de référence 2018-1-UK01-KA202-048122.

Efficacité énergétique et construction durable: formation aux outils numériques pour les formateurs dans le secteur de la construction (PROJECT CONDAP)

TABLE DES MATIÈRES

PROLOGUE	5
CHAPITRE I: INTRODUCTION	11
1.1. Antécédent du projet	13
1.2. Introduction à UD 1: L'efficacité énergétique et la construction durable	31
CHAPITRE II: UNITÉ DIDACTIQUE: L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE ET LA CONSTRUCTION DURABLE.....	35
Leçon 1: Introduction	37
Leçon 2: Cadre législatif européen	39
Leçon 3: Bâtiments durables - Concepts et normes.....	41
Leçon 4: Principes de l'efficacité énergétique - Conception active et passive	43
Leçon 5: Sources d'énergie renouvelables - Conception active	53
Leçon 6: Certification énergétique	57
Leçon 7: Exemples	62
CHAPITRE III: ÉTUDES DE CAS	67
CHAPITRE IV: EXERCICES	83
4.1. Questions à choix multiples	84
4.2. Questions à réponse courte	90
4.3. Questions fréquentes.....	92
4.4. Exercices de catégorisation chronométrés.....	98
4.5. Matériel de formation supplémentaire.....	111

**CHAPITRE I:
INTRODUCTION**

1.1. ANTÉCÉDENT DU PROJET

Dans la phase initiale du projet, des activités ont été menées pour identifier les priorités et les besoins des formateurs en termes de compétences numériques au sein de l'industrie de la construction. Pour ce faire, chaque partenaire devait réunir un large groupe d'acteurs de sa région ou de son pays, notamment des entreprises de construction, des prestataires de formation professionnelle, des travailleurs de la construction, des experts du secteur, des sociétés de logiciels de construction, des associations professionnelles, des étudiants, de nouveaux travailleurs, etc.

Une recherche a été menée sur la base de trois méthodes :

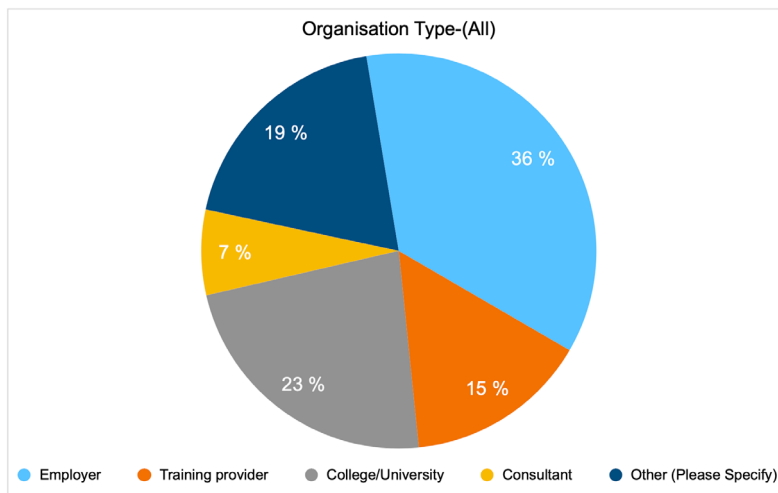
- **Études de terrain** par le biais d'enquêtes en ligne qui ont été distribuées aux contacts et aux parties intéressées de chaque partenaire de projet
- **Entretiens semi-structurés** et individuels avec des professionnels du secteur de la construction.
- **Recherche documentaire** menée par chaque partenaire pour connaître les exigences, les besoins, les technologies, les méthodologies d'enseignement et les nouveaux développements dans le secteur de la construction et de ses outils numériques.

Dans les études de terrain, les répondants ont été classés selon le type et la taille de l'organisation à laquelle ils appartiennent, leur fonction et leurs années d'expérience. Les enquêtes ont été divisées en deux parties :

- La partie A s'est attachée à déterminer quelles étaient les compétences numériques de base que les apprentis en bâtiment devraient posséder, comme le traitement des données numériques, la recherche d'informations sur Internet, la création de documents avec un bureau, l'utilisation des médias électroniques et la collaboration, la création de sites web, l'utilisation de logiciels spécifiques à l'entreprise, etc.
- La partie B visait à connaître l'importance que les géomètres accordaient à certains domaines du secteur de la construction tels que : les solutions numériques pour la construction durable et l'efficacité énergétique, la modélisation des informations sur les bâtiments (BIM), la réalité virtuelle et augmentée, l'internet des objets, la conception assistée par ordinateur, etc. En outre, ils ont eu la possibilité d'ajouter les domaines qui n'étaient pas indiqués et qu'ils jugeaient pertinents.

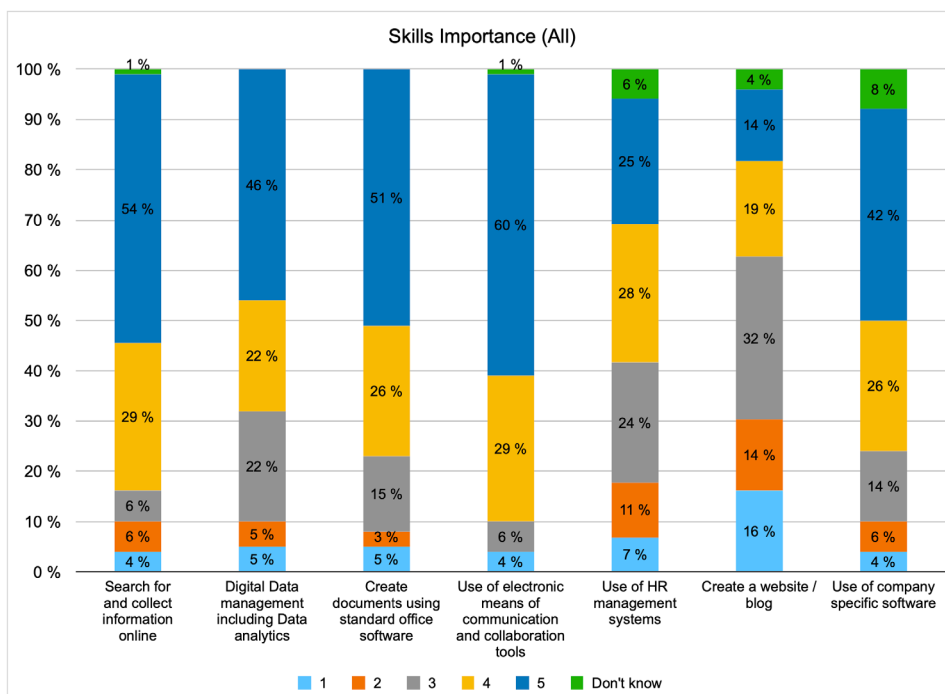
Les résultats des études de terrain sont les suivants :

- Classification des répondants par type d'organisation :



En outre, les répondants étaient presque également répartis en fonction de la taille de leur organisation ou entreprise (35 % de petites, 28 % de moyennes et 37 % de grandes entreprises) et 67 % d'entre eux avaient plus de 10 ans d'expérience dans le secteur de la construction.

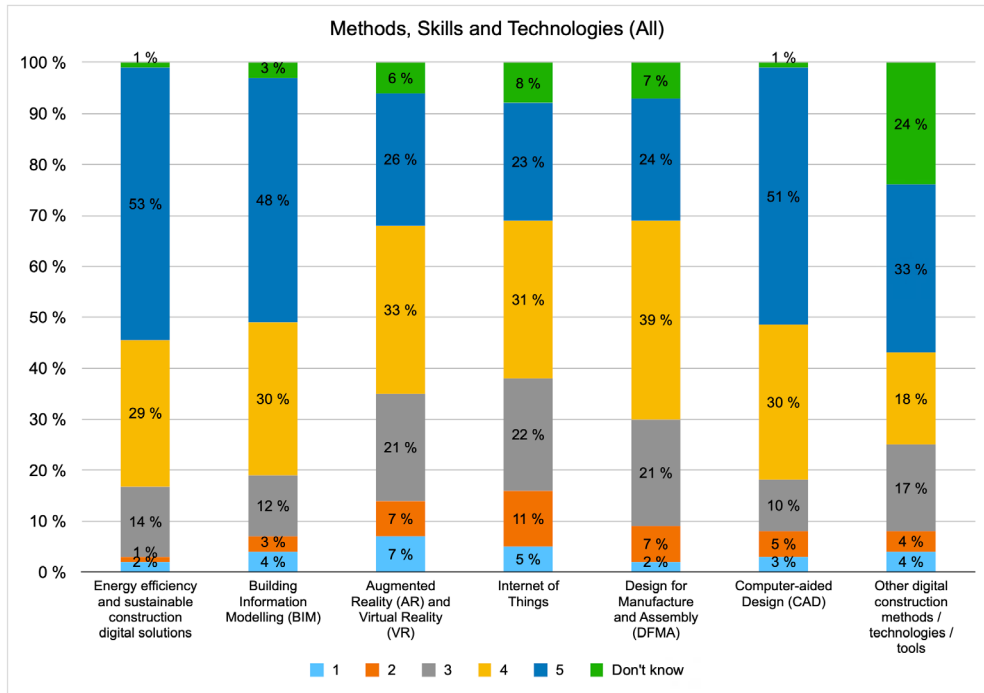
- Résultats de la partie A de l'enquête :



En outre, les répondants ont souligné l'importance d'utiliser des applications

de télécommunication telles que Skype, ZOOM, MS Teams, Mailbox, etc., des environnements collaboratifs virtuels pour le partage de documents en ligne tels que Google Drive ou Dropbox, et des plateformes numériques pour l'apprentissage à distance telles que Webex,

- Résultats de la partie B de l'enquête



Certains des commentaires ont indiqué que les domaines supplémentaires suivants étaient pertinents : l'intelligence artificielle, la sécurité au travail ou l'utilisation de drones pour éviter de travailler en hauteur.

En conclusion, après analyse des résultats de l'étude de terrain, les domaines et les compétences les plus pertinents pour les répondants étaient

- Utilisation des médias électroniques et des outils de collaboration numérique
- Solutions numériques pour la construction durable et l'efficacité énergétique
- Modélisation des informations sur les bâtiments (BIM)
- Conception assistée par ordinateur (CAO)
- Recherche et collecte de données sur Internet
- Création de documents avec le logiciel Office

Les **entretiens semi-structurés** ont été menés pour obtenir une opinion plus approfondie et plus élaborée sur les compétences considérées comme les plus nécessaires pour les stagiaires, grâce à un entretien personnel avec l'une des parties prenantes. Les questions suivantes ont été posées lors de cet entretien :

1. Quels types de compétences et d'outils numériques jugez-vous importants pour que les directeurs de la construction et les coordinateurs d'apprentissage/étudiants puissent efficacement enseigner de nouvelles compétences, notamment en termes de progrès dans le secteur de la construction ?
2. Lorsque vous réfléchissez à la numérisation du secteur de la construction et aux méthodes de construction numérique, quels sont les sujets suivants qui vous viennent le plus à l'esprit ?
3. Pouvez-vous décrire le profil de travail habituel/idéal du coordinateur de formation dans le secteur de la construction ?
4. Quels sont les principaux facteurs qui entravent l'efficacité des programmes de formation dans le secteur de la construction, entraînant une augmentation des taux d'abandon ?
5. Qui devrait être responsable de la formation des formateurs de travailleurs et de stagiaires dans le secteur de la construction (Question alternative - Quelle formation devrait, selon vous, être proposée aux coordinateurs/formateurs du secteur de la construction) ?

Les résultats des entretiens sont présentés ci-dessous :

En ce qui concerne la première et la deuxième question, les personnes interrogées ont souligné les compétences, outils, méthodologies et technologies numériques suivants et certains de leurs aspects les plus pertinents :

- Beaucoup sont d'accord sur l'importance de la modélisation des informations du bâtiment (BIM). Il s'agit d'une méthode de travail définie dans le cadre d'une culture de collaboration et d'une pratique intégrée, car elle intègre tous les agents impliqués dans le processus de construction (architectes, ingénieurs, constructeurs, promoteurs, gestionnaires d'installations, etc.) et établit un flux de communication croisé entre eux, générant un modèle virtuel qui contient toutes les informations relatives au bâtiment tout au long de son cycle de vie, depuis sa conception initiale, pendant sa construction et tout au long de sa vie utile, jusqu'à sa démolition. Les informations fournies au modèle BIM, proviennent de différents types de logiciels, programmes de modélisation, calcul structurel, MEP, logiciel de budgétisation, analyse des performances énergétiques, capteurs, etc. La connaissance de tous ces outils et de la capacité d'interopérabilité entre eux est fondamentale pour la mise en œuvre correcte du BIM.

- Certains logiciels de travail généraux ont été mis en évidence, tels que :
 - Logiciels pour élaborer des rapports ou des présentations : Word, Excel, PowerPoint, Adobe.
 - Manipulation des logiciels de base de données : Accès, CRM
 - Outils de travail internes à l'entreprise pour communiquer et collaborer avec les stagiaires.
- Des logiciels spécifiques dans les domaines de :
 - Efficacité énergétique et certification, construction durable, intégration des énergies renouvelables
 - Gestion des opérations (production allégée), fabrication à distance et machines à commande numérique (CNC)
 - Financier (ACCA) et administratif pour les appels d'offres, les factures, les rapports sur les outils, etc.
 - Conception numérique 2D et 3D (SEMA, Revit, AutoCAD, SolidWorks, WikiHouse).
 - Sécurité au travail
 - Économie circulaire
- Technologies et automates intelligents :
 - Simulation et jumeaux numériques pour surveiller des objets ou des systèmes et analyser leur comportement dans certaines situations et améliorer leur efficacité. La réalité augmentée et l'environnement virtuel sont des outils de simulation : Virtual Reality Headset
 - Les compteurs intelligents dans les bâtiments et l'Internet des choses
 - Intelligence artificielle
 - Villes intelligentes
 - Des drones pour accéder à des sites difficiles ou dangereux, des robots de travail
- Utilisation d'Internet pour la recherche d'informations, la gestion de sites web et de blogs et de réseaux sociaux (LinkedIn, Twitter, Facebook), le marketing numérique.
- Les outils de communication tels que Skype, Messenger, whatsapp, vibreur.

Concernant la troisième question, les qualités et attributs qu'un formateur devrait avoir selon les personnes interrogées sont résumés dans ce qui suit :

- Qualités et attributs généraux :

- Compréhension du commerce et utilisation compétente des technologies modernes et accès aux ressources et outils de formation numériques
- Renforcer la confiance de la nouvelle main-d'œuvre dans l'industrie et transmettre un sentiment de réalité et d'utilisation efficace des outils numériques pour relever de véritables défis, tels que la productivité dans l'industrie. Encourager les mentors à penser différemment et au-delà de leur secteur d'activité, en donnant un aperçu de ce qui peut être réalisé en utilisant des compétences et des perspectives différentes. Motivation.
- Connaissance pratique des technologies modernes de modélisation des informations du bâtiment (BIM) et des approches collaboratives de la conception et de l'exploitation des bâtiments ; établir une référence et des normes pour le travail organisationnel collaboratif. Mettre à jour l'évolution des nouvelles technologies dans la construction et actualiser les connaissances des stagiaires.
- Une psychologie humaine suffisante pour comprendre les groupes d'âge des travailleurs/apprentis et pour être capable d'interagir efficacement avec eux.
- Utiliser davantage l'interaction virtuelle dans le tutorat et utiliser des outils de connexion à distance pour accroître les formes de communication entre les stagiaires et les formateurs.
- Responsabilité, adaptabilité, compétences de gestion, écoute active, gestion des conflits et créativité.
- Soutien continu aux employés dans leur formation en vue de leur promotion dans d'autres catégories d'emploi.
- Connaissance des exigences du poste de l'apprenti et de la sécurité de l'emploi.
- Exigences:
 - Tutorats et réunions fréquentes (en face à face ou à distance).
 - Planification avec agenda structuré et mises à jour.
 - Conseil, évaluation, soutien et suivi. Forums de discussion avec le reste des étudiants
 - Activités enregistrées.
 - Fixer des objectifs et des défis. Proposer des activités de formation associées aux tâches quotidiennes de l'apprenant.
 - Capacité à s'attaquer aux problèmes.
- Méthodologie de formation:

- Modèle de travail en 6 étapes dans la formation des apprentis (1) Rapports, (2) Planification, (3) Décisions, (4) Conduite, (5) Contrôle et (6) Évaluation
- Conception centrée sur l'étudiant
- Application de méthodes innovantes et d'outils numériques pour la formation.
- Adopter le principe du "moins c'est plus" pour l'apprentissage en ligne
- Amélioration continue de la formation en proposant des cours avec des méthodes et des outils de construction numérique innovants.
- L'offre de compétences en fonction de la demande.

Quant à la quatrième question, elle expose les facteurs cachés qui, en son absence, pourraient entraver l'efficacité des programmes de formation dans le secteur de la construction et augmenter les taux d'abandon :

- Motivation. Développement de carrière ou valeur associée à la formation.
- Des formateurs ou coordinateurs qualifiés dans l'entreprise qui répondent aux attentes et à la motivation des stagiaires. Programme de formation des formateurs et soutien de l'entreprise sur le lieu de travail pour former les formateurs et les coordinateurs des apprentis. Intérêt accru des employés de l'entreprise pour devenir formateurs.
- Prise en compte des circonstances individuelles. Flexibilité et volonté des employés d'apprendre de nouvelles choses. Le facteur de l'âge, où l'utilisation des technologies est un peu réticente.
- Une vision claire. Qualité de l'offre de formation. Méthodes de formation modernes et innovantes adaptées à la formation aux compétences numériques. Cohérence des systèmes de travail. Une technologie qui doit être adaptée à son objectif. Promouvoir la confiance dans la technologie.
- Un cadre ou une infrastructure cohérente pour faciliter la médiation de l'offre et de la demande de compétences. Un système qui facilite une gestion des programmes d'études davantage axée sur les compétences et la demande.
- Des compétences clairement définies à intégrer sur le lieu de travail. Une compétence qui a une incidence sur l'innovation et la productivité.
- Comprendre le segment de l'industrie et la taille de l'entreprise. L'industrie de la construction peut être très segmentée, avec peu de capacités disponibles. D'autre part, l'industrie a ses particularités dans la mesure où la majorité de la main-d'œuvre n'est pas employée dans des bureaux. L'infrastructure numérique dans l'entreprise.

- Culture de collaboration et d'amélioration.
- Des flux financiers adéquats pour relever les défis actuels. Un soutien suffisant de l'État aux entreprises qui accueillent des apprentis.
- Les droits et les responsabilités des entreprises assurant une formation en apprentissage devraient être clairement définis dans des actes réglementaires.
- Communication et collaboration avec les centres de formation professionnelle. Recherche et développement, et investissement dans l'innovation. Modèle de formation fonctionnelle, de financement et de prestation de services.
- Identification et traitement des lacunes et des inadéquations des compétences existantes. Fournir des stratégies de gestion de l'information claires et cohérentes qui aident à trouver les informations nécessaires pour prendre des décisions en temps utile. Aider à l'interprétation des données pour influencer la prise de décision.
- Établir les paramètres appropriés pour éliminer les erreurs dues au facteur humain. Utiliser le bon logiciel pour éviter les problèmes techniques et la duplication des efforts dans le traitement des données qui repose sur des mesures générales.
- Accepter le changement. En moyenne, il faut environ 10 ans pour que le changement devienne un processus réalisable.
- Facteur de genre. L'industrie de la construction a été essentiellement masculine et doit changer. Les femmes peuvent jouer un rôle important dans la technologie BIM, elles doivent être largement encouragées et promues par des événements, des remises de prix, des conférences, des opportunités de mise en réseau.

Enfin, les réponses à la dernière question concernant la formation des coordinateurs/formateurs dans l'industrie de la construction et les personnes qui devraient la dispenser sont résumées ci-dessous :

- Entreprises / commerces (formation en entreprise):
 - Entreprise propre assistée par des experts individuels ou des centres de formation. Les grandes entreprises dispensent elles-mêmes ces cours, avec l'aide de leurs services de ressources humaines.
 - Cours spécialisés pour les coordinateurs/formateurs de l'EFPP au niveau de l'État.
 - De nombreux employeurs estiment qu'au lieu d'une qualification pédagogique formelle, les formateurs devraient connaître les processus de l'industrie et de l'entreprise et être capables de les expliquer aux

stagiaires et de les instruire dans leurs tâches. L'instruction des stagiaires n'est pas différente de celle de tout autre nouvel employé et fait partie de la pratique quotidienne de nombre de leurs employés.

- Dans les PME, les formateurs sont pour la plupart autodidactes ou apprennent de leurs collègues.
- Encourager les formateurs à suivre des cours de courte durée ou des visites d'entreprises.
- Les centres de formation professionnelle :
 - Centres de formation spécialisés dans la construction.
 - Associations de formation.
 - Les employés des entreprises sont souvent incapables et/ou peu désireux de former d'autres personnes en raison de la charge de travail, de problèmes de confidentialité, du risque de dommages éventuels aux équipements ou de la crainte d'une éventuelle concurrence future. La principale raison pour laquelle les entreprises coopèrent avec les prestataires d'EFP pour offrir une formation en apprentissage est d'obtenir les travailleurs qualifiés dont elles ont besoin et la possibilité de se promouvoir en tant qu'employeurs potentiels.
- Cours en ligne :
 - Des cours en ligne courts et spécifiques pour que les formateurs aient la flexibilité nécessaire.
 - Cours en ligne de masse ouverts (MOOC) et ressources éducatives ouvertes.
- Initiatives financées par des projets nationaux et européens :
 - Des programmes spécifiques de formation des formateurs devraient être développés pour offrir des cours de courte durée aux enseignants de l'EFP, en mettant l'accent sur la numérisation.
 - La flexibilité et la réaction rapide aux changements dans l'industrie sont nécessaires dans la fourniture de services d'EFP, y compris la possibilité de développer de nouveaux programmes/modules de formation pour les professions à forte demande ou pour les nouvelles professions émergentes.
 - Des cours sur les aspects pédagogiques et psychologiques sont disponibles dans les instituts nationaux de formation des enseignants.
- Développement professionnel :
 - Possibilités de formation professionnelle continue.

- Le soutien d'un formateur doit également dépendre du niveau de formation. Par exemple, le niveau 4 du CEC peut être conseillé par un ingénieur agréé ou membre d'une association professionnelle qui sera en mesure d'évaluer les aptitudes et compétences de base.
- Participation à des formations et séminaires.

En ce qui concerne la recherche documentaire, elle a été menée comme une méthode complémentaire de collecte d'informations sur les besoins en compétences numériques des formateurs sur le lieu de travail et a examiné la disponibilité et le contenu des rapports, des cours existants et d'autres documents et sources d'information auxquels chaque partenaire pouvait accéder :

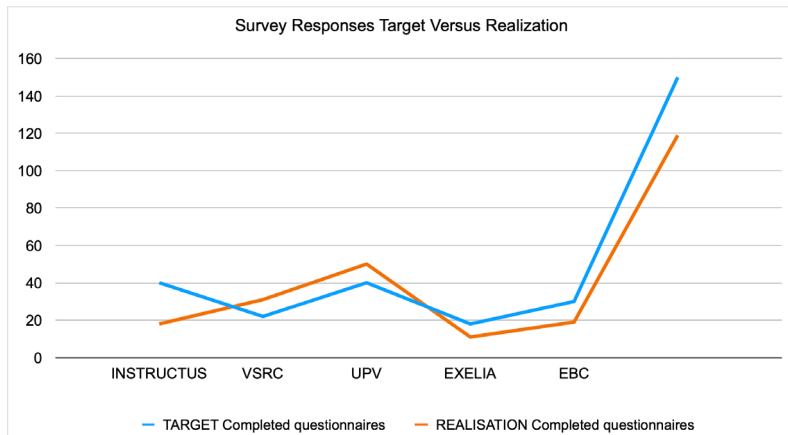
- Compétences numériques nécessaires aux apprentis formateurs et compétences numériques complémentaires pour les travailleurs de la construction
- Méthodes de construction, compétences et technologies numériques
- Le rôle des formateurs sur le lieu de travail et dans l'entreprise qui participent à l'apprentissage, pour tirer des conclusions sur les besoins de l'apprentissage en milieu professionnel.
- Cours de formation des formateurs existants, axés sur les compétences numériques et les méthodes de construction
- Les formations existantes sur les compétences numériques et les méthodes de construction.
- les lacunes et les insuffisances en matière de compétences dans le secteur de la construction (également par l'examen des informations sur la gestion des plans d'apprentissage)
- Les moyens par lesquels l'apprentissage en milieu professionnel peut soutenir le changement des compétences nécessaires à la modernisation de l'apprentissage.

Les résultats de la recherche documentaire devaient révéler les tendances dans l'industrie de la construction et le besoin de connaissances et de méthodes numériques de construction, et donc mettre en évidence les conclusions sur la manière dont la formation des mentors peut soutenir le changement de connaissances nécessaire pour appliquer les méthodes et les technologies numériques dans le contexte de l'apprentissage de la construction.

Chaque partenaire a apporté des preuves provenant de son pays en fournissant au moins 5 sources d'information (25 au total pour l'ensemble des partenaires). Les réponses obtenues ont permis de comprendre le contexte dans lequel chaque pays se trouve dans l'arène numérique dans le secteur de la construction.

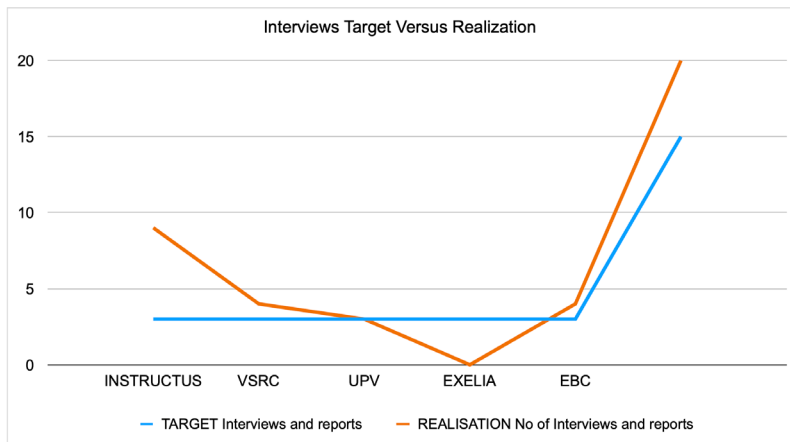
Le rapport final a analysé les trois types de méthodes de recherche en termes de contenu et a fixé des objectifs en rapport avec les bénéfices réels obtenus. Bien que le nombre de réponses au questionnaire soit inférieur à l'objectif de 150, le reste de la recherche fournit une couverture complémentaire par le biais d'entretiens et de recherches documentaires. Le total de toutes les réponses attendues était de 190, y compris les enquêtes, les entretiens et les recherches documentaires, fournissant une bonne étude et des informations sur les cours suivis dans les différents pays et les sujets les plus développés.

En ce qui concerne les **études de terrain**, en particulier les réponses obtenues dans l'enquête, le graphique suivant montre par partenaire quels résultats ont été obtenus (ligne orange) par rapport à ceux attendus (ligne bleue). Le VSRC et l'UPV ont obtenu un nombre de réponses plus élevé que l'objectif, obtenant ainsi une plus grande représentation des réponses des parties prenantes et du personnel associé à la construction.



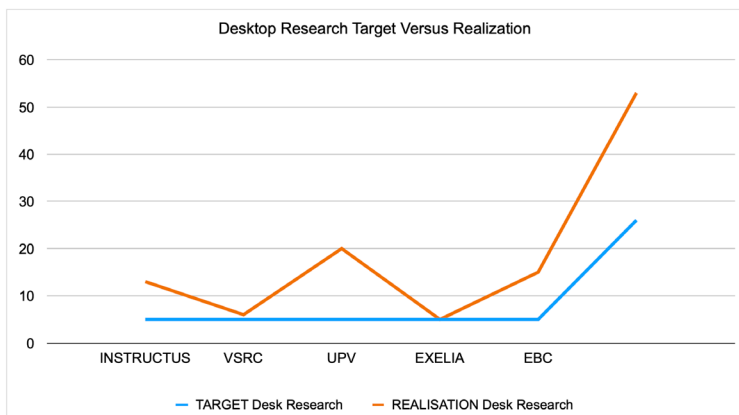
Graphique 1. Enquête : réponses obtenues et attendues par partenaire.

D'autre part, les **entretiens semi-structurés** sont une méthode très efficace pour obtenir des informations de première main, dont le temps investi rend difficile l'obtention d'un grand nombre d'entre elles. Toutefois, INSTRUCTUS et EBC ont obtenu plus de réponses que la valeur cible, ce qui a permis de compenser le manque d'informations concernant les études de terrain.



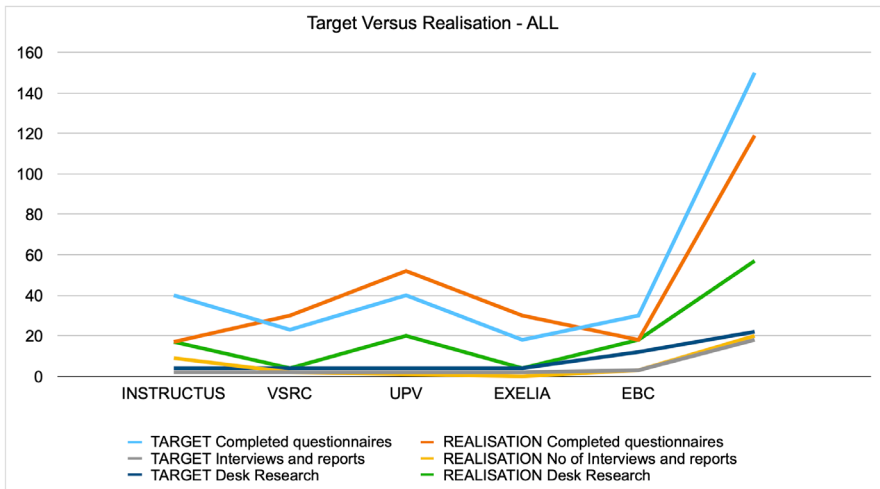
Graphique 2. Entretiens semi-structurés : réponses obtenues et attendues par partenaire.

La dernière méthode est la **recherche documentaire**, grâce à laquelle des informations suffisantes ont été obtenues pour compléter les données qui pourraient manquer dans les études de terrain et les entretiens semi-structurés. Nous fournissons des informations sur les exigences, les besoins, les technologies, les méthodologies d'enseignement et les nouveaux développements dans le secteur de la construction et ses outils numériques dans chaque pays. Tous les partenaires ont atteint la valeur cible et ont même dépassé les valeurs fixées. Cette méthode a eu un très bon écho et s'est révélée très utile.



Graphique 3. Recherche sur les entreprises : réponses obtenues et attendues par partenaire

En conclusion, le graphique suivant montre les différentes méthodes (questionnaires, entretiens et rapports, et recherche documentaire) comparant la valeur cible avec le nombre de réponses obtenues. Comme on peut le constater, le nombre général de réponses est très élevé, de sorte que les résultats obtenus sont bien contrastés et qu'il y a de la variété grâce à la réponse des différents partenaires.



Graphique 4. Méthodes de recherche : réponses et valeurs cibles par partenaire

Grâce à ces trois types de recherches menées par les partenaires dans cinq pays, les objectifs d'apprentissage suivants ont été atteints, qui devraient définir le contenu du cours CONDAP :

- O1. Comprendre et appliquer les nouvelles technologies et les nouveaux logiciels pour la construction numérique
- O2. Partager des données et construire des modèles en utilisant des systèmes numériques intégrés.
- O3. Développer les compétences et les connaissances nécessaires aux formateurs dans l'application des méthodologies de construction numérique.
- O4. Développer les compétences et les connaissances nécessaires pour former les étudiants aux systèmes de gestion des connaissances et aux progrès des technologies numériques.
- O5. Développer les connaissances et la compréhension pour définir une méthodologie personnalisée afin de soutenir l'étudiant dans son développement et son amélioration dans l'utilisation des outils/technologies numériques.
- O6. Développer des outils d'apprentissage immersifs et des formations à la construction numérique pertinents pour leur entreprise et destinés à être utilisés par les étudiants.
- O7. Développer des méthodologies pour explorer et surmonter les obstacles à l'utilisation des progrès numériques dans la construction.

Une fois la recherche terminée, la deuxième étape du projet CONDAP est atteinte, qui vise à définir la structure d'un programme d'études avec des directives pédagogiques pour les formateurs et les prestataires d'EFP, afin de les former aux méthodes de construction numérique. À cette fin, trois activités ont été menées sur la base des résultats de la recherche. La première consiste à regrouper les objectifs d'apprentissage avec les domaines de connaissance qui se sont avérés les plus intéressants pour les répondants, en extrayant quelques résultats d'apprentissage qui constitueront plus tard les unités didactiques du projet CONDAP, qui sont celles présentées dans ce compendium.

Tout d'abord, il est important de définir le système dans lequel les unités didactiques seront encadrées, connu sous le nom de système européen de transfert de crédits pour l'enseignement et la formation professionnels (ECVET). Il s'agit d'un cadre méthodologique commun qui facilite la reconnaissance et le transfert des crédits d'apprentissage d'un système de certification à un autre au sein du système éducatif européen. L'ECVET travaille en partenariat avec le cadre européen des certifications (CEC) afin d'assurer une plus grande transparence des certifications européennes, de promouvoir la mobilité des travailleurs et des étudiants et de faciliter l'apprentissage. En particulier, la mise en œuvre de l'ECVET exige que les certifications soient décrites en termes d'acquis d'apprentissage, que les unités soient formées à partir des acquis d'apprentissage et que les unités soient souvent regroupées pour former la base des certifications. Le projet CONDAP s'inscrit donc dans cette démarche, en respectant la procédure ECVET, en définissant les acquis d'apprentissage et en formant des unités d'apprentissage à partir de ceux-ci. Il est important de préciser que les processus d'évaluation, de validation et de reconnaissance doivent également être convenus entre tous les participants et doivent respecter les pratiques nationales, régionales, sectorielles ou institutionnelles existantes. Cette initiative permet aux citoyens de l'Union européenne (UE) de faire reconnaître plus facilement leur éducation, leurs compétences et leurs connaissances dans un pays de l'UE autre que le leur. L'ECVET complète le système européen de transfert et d'accumulation de crédits (ECTS) en établissant un lien entre l'enseignement et la formation professionnels et l'enseignement supérieur.

Selon ECVET, une unité d'apprentissage ou d'enseignement est un élément de formation qui répond à un ensemble d'acquis d'apprentissage, définis en termes de connaissances, d'aptitudes et de compétences qui peuvent être évalués, validés et certifiés. Grâce à l'analyse effectuée dans le cadre du projet CONDAP, expliqué ci-dessus, des unités d'apprentissage basées sur les résultats d'apprentissage ont été créées, comme le montre la figure suivante:

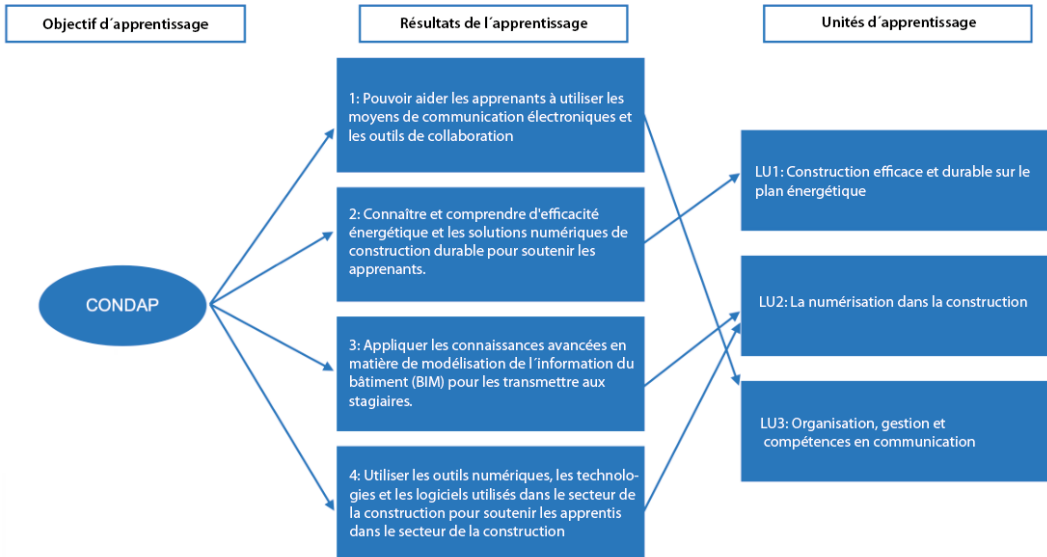


Illustration 1: Regroupement des acquis de l'apprentissage CONDAP.

Enfin, les unités didactiques à réaliser dans le cadre du projet CONDAP obtenues à partir des résultats d'apprentissage, selon l'illustration ci-dessus, sont :

- UD1: **Efficacité énergétique et construction durable**; qui répond principalement au **résultat d'apprentissage 2**: "Connaître et comprendre l'efficacité énergétique et les solutions numériques de construction durable pour soutenir les apprenants".
- UD 2: **La numérisation dans la construction**; La numérisation dans la construction ; en rapport avec le **résultat d'apprentissage 3**: "Appliquer les connaissances avancées en matière de modélisation de l'information sur le bâtiment (BIM) pour les transmettre aux stagiaires" et l'acquis 4 : "Utiliser les outils, technologies et logiciels numériques utilisés dans le secteur de la construction pour aider les stagiaires dans ce secteur".
- UD 3: **Compétences en matière d'organisation, de gestion et de communication** ; correspond au **résultat d'apprentissage 1**: "Être capable d'aider les apprenants à utiliser les outils de communication et de collaboration électroniques".

D'autre part, les unités d'enseignement doivent également répondre à un certain nombre d'exigences, suggérées par les principes européens :

- Les unités d'acquis de l'apprentissage peuvent être complétées et évaluées indépendamment des autres unités d'acquis de l'apprentissage.

- Ils sont structurés de manière à ce que les résultats d'apprentissage pertinents puissent être atteints dans un délai précis. Par conséquent, ils ne doivent pas être trop longs.
- Ils comprennent tous les résultats d'apprentissage nécessaires pour atteindre les objectifs des unités et sont conçus pour être évaluables.

La deuxième activité de la deuxième production intellectuelle du CONDAP consiste à définir les spécifications des unités d'enseignement. C'est-à-dire la portée et les exigences essentielles auxquelles le programme de formation correspondant doit répondre. Le matériel de formation sera élaboré sur la base de la définition des spécifications du cours.

Les spécifications des unités d'apprentissage sont basées sur les principes de l'ECVET, qui indiquent que chaque unité peut comprendre les éléments suivants, ce qui permettra aux unités d'être acceptées dans le cadre de l'ECVET.

- Niveau de qualification du CEC
- Connaissances de base recommandées
- Durée du processus d'apprentissage
- Pondération comparative des unités d'apprentissage
- Allocation des crédits
- Conditions préalables à la participation à chaque unité d'apprentissage
- Contenu de la formation
- Méthodes d'évaluation

La durée des cours est également précisée, en fonction des heures accumulées dans les catégories suivantes :

- **Heures d'enseignement:** heures de contact entre l'instructeur et l'étudiant dans le cadre du plan de cours, y compris les conférences, les travaux dirigés, les séminaires, les ateliers et les séances de travaux pratiques en laboratoire.
- **Heures d'auto-apprentissage:** l'étude de quelque chose par soi-même sans supervision directe ni présence en classe.
- **Horaires sur place:** visites d'étude qui peuvent être organisées ensemble ou effectuées individuellement.
- **Heures d'évaluation:** le temps nécessaire à la préparation d'un document, y compris le temps alloué pour l'examen (le cas échéant).

Les heures d'apprentissage de chaque unité d'enseignement ont été attribuées en fonction des résultats obtenus lors de l'analyse du premier résultat intellectuel (O1). Les sujets les plus demandés étaient "Efficacité énergétique et construction durable" et "BIM et autres méthodes de construction numérique". Par conséquent, chacun de ces sujets représente 40 % de la durée du cours, tandis que l'unité d'apprentissage 3 "Compétences en matière d'organisation, de gestion et de communication" représente 20 % du poids de l'ensemble du cours.

Par conséquent, le cours CONDAP comprend les heures suivantes pour chaque unité d'apprentissage :

- **UD 1:** 12 heures de cours, 3 heures sur place, 3 heures d'autoformation, 2 heures d'évaluation.
- **UD 2:** 10 heures d'enseignement, 5 heures sur place, 3 heures d'autoformation, 2 heures d'évaluation.
- **UD3:** 5 heures d'enseignement, 2 heures sur place, 2 heures d'autoformation, 1 heure d'évaluation.

Au total, le cours comprendra les heures d'apprentissage suivantes associées à chaque unité d'enseignement afin de définir la durée de l'ensemble du cours :

- 27 heures d'enseignement, plus 3 heures sur place dans l'unité d'enseignement 1 et 7 heures pratiques requises pour les sessions pratiques des unités 2 et 3.
- 8 heures d'auto-apprentissage pour les apprenants pour le matériel pédagogique.
- 5 heures d'évaluation.

Le cours aura une durée totale de 50 heures réparties dans chaque unité didactique. Il est vrai que la durée de chaque unité d'enseignement ne doit pas être considérée comme strictement définie, mais comme un indicateur recommandé afin que l'intégration aux cours de formation professionnelle existants puisse être flexible.

En ce qui concerne la pondération et l'attribution des crédits, comme mentionné ci-dessus, le cours CONDAP est basé sur le système ECVET. Les crédits ECVET sont une représentation numérique du poids global des acquis d'apprentissage dans une certification et du poids relatif des unités par rapport à la certification. Ils permettent ainsi l'encadrement des compétences évaluées entre les partenaires, en essayant de faciliter le transfert des acquis de l'apprentissage d'un système de certification à l'autre. Il n'a pas pour but de remplacer les systèmes nationaux de qualification, mais de parvenir à une meilleure comparabilité et compatibilité entre eux ; il facilite la reconnaissance des formations, des compétences et des connaissances parmi les

citoyens de l'Union européenne (UE).

La pondération et la répartition des crédits ECVET suggérées pour le cours CONDAP, en tenant compte du fait que 10 heures correspondent à 1 crédit, sont les suivantes :

- UD 1 : 40% correspond à 2 crédits.
- UD 2 : 40% correspond à 2 crédits.
- UD 3 : 20% correspond à 1 crédit.

La durée totale du cours est de 50 heures, ce qui signifie 5 crédits ECTS.

Enfin, pour l'évaluation des unités d'enseignement, différentes méthodes d'évaluation seront utilisées, telles que des questions à réponse ouverte, des questions à choix multiples ou l'analyse d'études de cas.

Vous trouverez ci-dessous une brève introduction à l'unité d'enseignement 1, qui sera développée plus avant en incluant tout le matériel nécessaire pour compléter l'étude et son évaluation.

1.2. INTRODUCTION À UD1: L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE ET LA CONSTRUCTION DURABLE

La réduction de la consommation d'énergie est l'un des grands défis de la société actuelle, qui passe par de nombreux secteurs, dont celui du bâtiment. L'efficacité énergétique se réfère de manière pratique à la réduction de la consommation d'énergie en optimisant son utilisation, dans ce sens dépend non seulement des consommateurs, mais aussi de certaines bonnes pratiques liées à la construction des bâtiments.

Cette unité d'apprentissage composée de 7 sujets a pour but d'introduire les élèves au domaine de l'efficacité énergétique dans la construction ; de leur montrer son importance, les bases et comment la directive européenne s'adapte à ce type de bâtiment.

Les premières leçons fournissent des connaissances utiles et nécessaires pour faire avancer le développement du secteur du bâtiment, en se concentrant sur le concept de bâtiment énergétiquement efficace et sur la directive européenne applicable. Les principes de base de l'efficacité énergétique en ce qui concerne la conception passive et active des bâtiments et la production d'énergie à partir de sources d'énergie renouvelables sont ensuite abordés. En outre, le travail sera effectué avec l'outil PVGIS et ensuite appliqué à une étude de cas.

En raison de la grande importance des certificats énergétiques aujourd'hui, des informations seront également fournies sur les différents certificats énergétiques actuellement connus et quelques exemples des logiciels les plus couramment utilisés pour les produire. En outre, certaines idées seront fournies sur ce que sont les systèmes de gestion et de contrôle, ainsi que la gestion de l'énergie à distance.

Une fois l'unité terminée, les participants comprendront les principes fondamentaux de l'efficacité énergétique dans les bâtiments, ainsi que les particularités structurelles qui affectent la conception des bâtiments, et pourront voir quelques exemples de bâtiments et d'installations où ils sont appliqués.

Résultats de l'apprentissage

Unité Didactique: L'efficacité énergétique et la construction durable	
Résultat d'apprentissage 1	Montrer la motivation qui conduit au développement de l'efficacité énergétique et de la construction durable
Résultat d'apprentissage 2	Familiarisez-vous avec le concept de bâtiment à consommation d'énergie quasi nulle et avec la réglementation actuelle applicable aux bâtiments dans les zones de rendement énergétique.

Résultat d'apprentissage 3	Apprendre comment l'efficacité énergétique des bâtiments peut être améliorée, à la fois de manière passive et active, et classer les mesures qui s'appliquent à chaque type de conception. En outre, découvrez l'outil PVGIS pour obtenir les caractéristiques climatiques dans n'importe quel lieu européen et appliquez-le aux études de cas.
Résultat d'apprentissage 4	Connaître les différentes façons de produire de l'énergie avec des technologies renouvelables dans la construction et ses principes de base. Comprendre l'utilisation du PVGIS pour analyser la production avec des panneaux photovoltaïques dans un lieu donné.
Résultat d'apprentissage 5	Connaître les principales exigences d'un CEE. Pour être initié aux systèmes de gestion et de contrôle de l'énergie et à la télégestion.

Résumé des leçons de l'unité d'enseignement

Leçon 1. Introduction

Le contenu de cette leçon introduit le contexte dans lequel se trouve l'efficacité énergétique des bâtiments et montre l'impact de la construction sur l'environnement au sein du territoire européen. L'objectif principal de cette leçon est de montrer la motivation qui conduit l'Union européenne à développer l'efficacité énergétique et la construction durable.

Leçon 2. Cadre législatif européen

La leçon 2 porte sur le cadre juridique en Europe, où la construction de bâtiments durables a lieu. Il discutera des réglementations actuelles en Europe et de leur impact sur les différentes zones climatiques.

Leçon 3. Bâtiments durables- Concepts et normes

La leçon 3 contient les concepts et facteurs de base à prendre en compte dans un bâtiment dont la consommation est quasi nulle selon la directive européenne.

Leçon 4. Principes de l'efficacité énergétique- Conception active et passive

Dans cette leçon, vous apprendrez les principes de base de l'efficacité énergétique des bâtiments liés à la conception passive et active des bâtiments. En ce qui concerne la conception passive, une distinction sera faite entre les solutions appliquées à la conception du bâtiment et celles appliquées à l'aménagement intérieur. Dans le cadre de la conception active, des systèmes de consommation plus efficaces seront étudiés. En outre, l'utilisation du logiciel PVGIS sera introduite.

Leçon 5. Sources d'énergie renouvelables- Conception active

Dans cette leçon, vous apprendrez la deuxième partie de la conception active en ce qui concerne la production à partir de sources d'énergie renouvelables et les différents systèmes de production disponibles pour un bâtiment. Le logiciel PVGIS, qui est utilisé pour calculer le rendement énergétique du système photovoltaïque, est également présenté.

Leçon 6. Certification énergétique

Dans cette leçon, vous découvrirez les directives applicables en matière de certification énergétique, les caractéristiques d'un certificat de performance énergétique (CPE) pour un bâtiment et quelques exemples de logiciels utilisés pour analyser et optimiser la performance énergétique d'un bâtiment. Vous apprendrez également à connaître les systèmes de gestion et de surveillance de l'énergie (BMS et EMS) et la gestion de l'énergie à distance.

Leçon 7. Exemples

Dans cette leçon, vous aurez les caractéristiques, les installations et les données de construction de deux cas réels de bâtiments économes en énergie.

CHAPITRE II:
UNITÉ DIDACTIQUE - EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE ET
CONSTRUCTION DURABLE



CONDAP

EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE ET CONSTRUCTION DURABLE

RESSOURCES ÉDUCATIVES OUVERTES DE CONDAP

CE QUE VOUS POUVEZ VOUS APPRENDRE DANS CETTE UNITÉ

Cette unité d'apprentissage vise à initier les étudiants aux concepts de l'efficacité énergétique dans la construction et à leur montrer leur importance, leurs fondements et comment les directives européennes couvrent ce type de bâtiments.

L'unité d'apprentissage est divisée en sept leçons :

- ✓ Les leçons 1, 2 et 3 apportent aux étudiants les connaissances utiles et nécessaires pour progresser dans le secteur de la construction, en se concentrant sur le concept de bâtiments à haute efficacité énergétique et sur les directives européennes applicables.
- ✓ Les leçons 4 et 5 sont axées sur les principes de base de l'efficacité énergétique des bâtiments, que ce soit la conception passive ou active des bâtiments. Plus précisément, la leçon 5 présente les sources de génération d'énergies renouvelables. En outre, les étudiants travailleront avec le logiciel PVGIS afin d'utiliser des données réelles et de les appliquer à des études de cas.
- ✓ La leçon 6 montre l'importance et les caractéristiques des certificats énergétiques, ainsi que quelques exemples des logiciels les plus utilisés pour élaborer ces certificats. En outre, elle donne un aperçu des systèmes de gestion et de contrôle de l'énergie et de la gestion à distance de l'énergie.
- ✓ Enfin, la leçon 7 donne quelques exemples de bâtiments et d'installations où les concepts étudiés précédemment sont appliqués.

INDEX

- Leçon 1. Introduction
- Leçon 2. Cadre légal européen
- Leçon 3. Bâtiments durables
- Leçon 4. Principes de l'efficacité énergétique
 - 4.1 Conception passive
 - 4.2 Conception active
- Leçon 5. Sources d'énergies renouvelables
- Leçon 6. Certification énergétique
 - 6.1 Directives applicables
 - 6.2 Simulation et logiciels
 - 6.3 Certificat de performance énergétique d'un bâtiment
 - 6.4 Systèmes de gestion et de surveillance de l'énergie
 - 6.5 Gestion à distance de l'énergie
- Leçon 7. Exemples

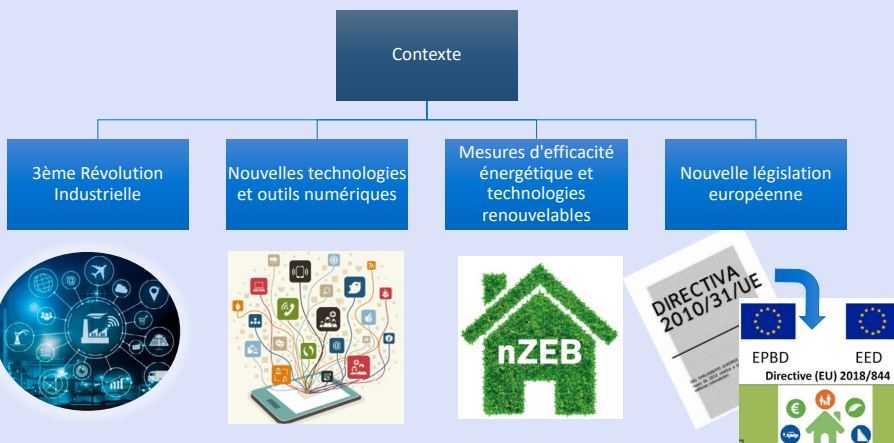
LEÇON 1

Introduction

Cette leçon vous introduit au contexte de l'efficacité énergétique des bâtiments et montre l'impact de la construction sur l'environnement en Europe.

- ✓ L'objectif principal est de montrer les motivations qui conduisent à la recherche de l'efficacité énergétique et de la construction durable.

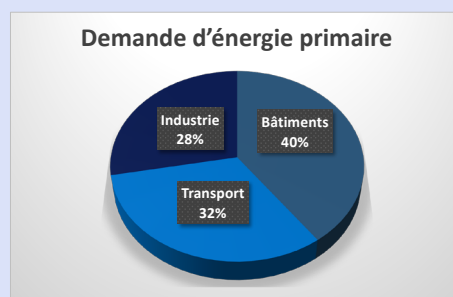
1. INTRODUCTION



1. INTRODUCTION

MOTIVATION → Atteindre les objectifs fixés par l'Union européenne en matière d'efficacité énergétique

- ❑ Les bâtiments de l'UE sont responsables de:
 - 40% de la demande d'énergie primaire
 - 60% de la demande en électricité
 - 40% des émissions de CO₂
 - 50% des matières premières consommées
 - 30% des déchets (136 millions de tonnes/an)
 - 20% de la consommation d'eau
- ❑ Opportunités dans le secteur du bâtiment
 - Rénovation énergétique des bâtiments
 - Des bâtiments à énergie presque nulle



LEÇON 2

Cadre légal européen

La leçon 2 est axée sur le cadre juridique européen en matière de bâtiments durables. Vous découvrirez les réglementations en vigueur en Europe et leur impact sur les différentes zones climatiques.

- ✓ L'objectif principal de cette leçon est de connaître les réglementations actuelles applicables aux bâtiments à haute efficacité énergétique.

2.CADRE LÉGAL EUROPÉEN

Les **objectifs fixés par l'Union européenne en matière d'efficacité énergétique** se trouvent dans la **directive (UE) 2018/844**. Les principaux objectifs contenus dans ce document sont les suivants :

- ✓ Rénovation des parcs nationaux de bâtiments résidentiels et non résidentiels, tant publics que privés, en les transformant en parcs immobiliers efficaces sur le plan énergétique et décarbonisés avant 2050, facilitant ainsi la **transformation de bâtiments économiquement rentables en bâtiments à consommation d'énergie quasi nulle**.
- ✓ Obligation **d'augmenter l'efficacité énergétique de 35%** d'ici 2030.
- ✓ Atteindre un **taux de 35 % d'énergies renouvelables** d'ici 2030.
- ✓ **Réduire les émissions de gaz à effet de serre de 40 %** d'ici 2030.
- ✓ Les bâtiments non résidentiels dont la puissance nominale des installations de chauffage ou des installations combinées de chauffage et de ventilation est supérieure à 290 kW doivent être équipés, d'ici 2025, de systèmes **d'automatisation et de contrôle des bâtiments**, pour autant que cela soit techniquement et économiquement réalisable.
- ✓ **Communautés d'autoconsommation et d'énergie**.

2. CADRE LÉGAL EUROPÉEN

Les principales directives dans le domaine de l'efficacité énergétique des bâtiments dans l'UE sont la "**Directive sur l'efficacité énergétique dans les bâtiments 2010/31/UE**" et la "**Directive sur l'efficacité énergétique 2012/27/UE**" (toutes deux révisées par la directive 2018/844/EU). La directive 2010/31/UE a annoncé que tous les nouveaux logements d'ici 2021 et les bureaux publics d'ici 2019 devraient avoir une **consommation d'énergie presque nulle**.

Lors de la restauration de bâtiments, les États membres devront lier les incitations financières visant à améliorer l'efficacité énergétique aux économies d'énergie prévues ou réalisées, en fonction d'un ou plusieurs des critères suivants:

- l'efficacité énergétique des équipements ou des matériaux utilisés pour la rénovation, ces éléments seront installés par un installateur possédant le niveau de certification ou de qualification approprié.
- les valeurs standard pour le calcul des économies d'énergie dans les bâtiments.
- l'amélioration obtenue grâce à cette rénovation en comparant les certificats d'efficacité énergétique délivrés avant et après la réforme.
- les résultats d'un audit énergétique.
- les résultats d'une autre méthode pertinente, transparente et proportionnelle qui montre l'amélioration de l'efficacité énergétique.

2. CADRE LÉGAL EUROPÉEN

Selon la zone climatique, la directive 2010/31/UE recommande:

Zone climatique	Demandes pour les bureaux	Demandes pour les logements
Zone méditerranéenne	20-30 kWh/(m2/an) d'énergie primaire nette, normalement avec une utilisation d'énergie primaire de 80-90 kWh/(m2/an) couverte par 60 kWh/(m2/an) provenant de sources sur site.	0-15 kWh/(m2/an) d'énergie primaire nette, normalement avec une utilisation d'énergie primaire de 50-65 kWh/(m2/an) couverte par 50 kWh/(m2/an) provenant de sources renouvelables sur le site.
Zone océanique	40-55 kWh/(m2/an) d'énergie primaire nette, normalement avec une utilisation d'énergie primaire de 85-100 kWh/(m2/an) couverte par 45 kWh/(m2/an) provenant de sources renouvelables sur le site.	15-30 kWh/(m2/an) d'énergie primaire nette, normalement avec une utilisation d'énergie primaire de 50-65 kWh/(m2/an) couverte par 35 kWh/(m2/an) provenant de sources renouvelables sur le site.
Zone continentale	40-55 kWh/(m2/an) d'énergie primaire nette, normalement avec une utilisation d'énergie primaire de 85-100 kWh/(m2/an) couverte par 45 kWh/(m2/an) provenant de sources renouvelables sur le site.	20-40 kWh/(m2/an) d'énergie primaire nette, normalement avec une utilisation d'énergie primaire de 50-70 kWh/(m2/an) couverte par 30 kWh/(m2/an) provenant de sources renouvelables sur le site.
Zone nordique	55-70 kWh/(m2/an) d'énergie primaire nette, normalement avec une utilisation d'énergie primaire de 85-100 kWh/(m2/an) couverte par 30 kWh/(m2/an) provenant de sources renouvelables sur le site.	40-65 kWh/(m2/an) d'énergie primaire nette, normalement avec une utilisation d'énergie primaire de 65-90 kWh/(m2/an) couverte par 25 kWh/(m2/an) provenant de sources renouvelables sur le site.

LEÇON 3

Bâtiments durables (Concepts et normes)

La leçon 3 contient les concepts et facteurs de base à prendre en compte dans un bâtiment à consommation quasi nulle selon les directives européennes.

- ✓ L'objectif principal de cette leçon est de vous fournir quelques concepts de base pour comprendre le fonctionnement des bâtiments à consommation d'énergie quasi nulle, tout en servant de base aux prochaines leçons.

3. BÂTIMENTS DURABLES

■ Concepts

■ BÂTIMENTS À ÉNERGIE QUASI NULLE

Conformément à la DIRECTIVE 2010/31/UE DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL du 19 mai 2010

" Les bâtiments à consommation quasi nulle sont des bâtiments à très haut niveau d'efficacité énergétique. La quantité d'énergie presque nulle ou très faible requise devrait être couverte, pour l'essentiel, par de l'énergie provenant de sources renouvelables, y compris de l'énergie provenant de sources renouvelables produite sur place ou dans l'environnement."

Facteurs à considérer

- La conception, l'emplacement et l'orientation du bâtiment, y compris les conditions météorologiques extérieures.
- Les caractéristiques thermiques réelles du bâtiment.
- Les installations solaires passives et la protection solaire (ombrage).
- Les installations de chauffage et d'eau chaude sanitaire, y compris leur isolation.
- Les installations de climatisation.
- La ventilation naturelle et mécanique, y compris les conditions d'étanchéité extérieure.
- L'installation d'éclairage intégrée (en particulier dans le secteur non résidentiel).
- Les charges internes.
- La production d'énergie.

3. BÂTIMENTS DURABLES

■ Normes

Points à considérer:

- Dans la plupart des pays, les définitions du NZEB font référence à l'**énergie primaire maximale** comme l'un des principaux indicateurs.
- L'énergie "primaire" ou source comprend toute l'énergie nécessaire pour produire, transmettre et distribuer la consommation finale d'énergie mesurée par les compteurs d'énergie des bâtiments.
 - Dans **quelques cas** (par exemple aux Pays-Bas et dans la région belge de Flandre), la **consommation d'énergie primaire** du bâtiment est **évaluée au moyen d'un coefficient non dimensionnel**, comparant la consommation d'énergie primaire du bâtiment avec un bâtiment "de référence" présentant des caractéristiques similaires (par exemple, la géométrie du bâtiment).
 - Dans **plusieurs pays** (par exemple au Royaume-Uni, en Norvège et en Espagne), les **émissions de carbone** sont utilisées comme **indicateur principal**, tandis que dans **d'autres** (par exemple en Autriche et en Roumanie), les émissions de carbone sont utilisées comme **indicateur complémentaire** à la consommation d'énergie primaire.
- Pour les **bâtiments résidentiels**, la plupart des juridictions visent une **consommation d'énergie primaire inférieure à 50 kWh/m²-an**.
- Pour les **bâtiments non résidentiels**, les **exigences peuvent varier davantage** dans un même pays selon le type de bâtiment.

3. BÂTIMENTS DURABLES

■ Normes

Le concept de NZEB prouve que **les énergies renouvelables et les mesures d'efficacité fonctionnent ensemble**. Lorsqu'elles sont mises en place dans les bâtiments, les énergies renouvelables réduisent l'énergie nette fournie. Dans de nombreux cas, l'énergie renouvelable sur site ne suffira pas à réduire les besoins énergétiques externes à un niveau proche de zéro sans d'autres mesures d'efficacité énergétique ou une diminution significative du taux d'énergie primaire des sources d'énergie renouvelables hors site.

Des stratégies passives et actives coexistent pour la mise en œuvre de bâtiments à consommation énergétique nette nulle:

- **Stratégies passives:** la réduction de la demande énergétique des bâtiments grâce à la conception architecturale.
- **Stratégies actives:** l'approvisionnement en énergie des bâtiments grâce à l'équipement des machines.

LEÇON 4

Principes de l'efficacité énergétique (Conception passive et active)

Dans cette leçon, vous apprendrez les principes de base de l'efficacité énergétique des bâtiments, qu'il s'agisse de conception passive ou active des bâtiments. Pour la conception passive, les solutions appliquées à la projection du bâtiment et celles appliquées à l'aménagement intérieur seront traitées. Pour la conception active, vous étudierez des systèmes de consommation plus efficaces. Le logiciel PVGIS sera introduit.

- ✓ L'objectif principal de cette leçon est d'apprendre comment l'efficacité énergétique des bâtiments peut être améliorée, de manière passive et active, et de classer les mesures qui s'appliquent à chaque type de conception, en plus de fournir un outil pour obtenir les caractéristiques climatologiques d'un lieu.

4. PRINCIPES D'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE

4.1 CONCEPTION PASSIVE

En fonction du climat local, des stratégies passives sont étudiées et établies pour obtenir un confort intérieur maximal.

Il faut partir du modèle architectural durable qui fait appel à des techniques et des matériaux respectueux de l'environnement, en intégrant au maximum les caractéristiques environnementales et en minimisant l'impact négatif du bâtiment.

Comment peut-on introduire des mesures passives dans les bâtiments à consommation quasi nulle ?

- Incorporer des solutions bioclimatiques dans la projection du bâtiment.
- Adapter les solutions bioclimatiques à la conception intérieure du bâtiment.



4. PRINCIPES D'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE

4.1 CONCEPTION PASSIVE

Solutions bioclimatiques lors de la **projection du bâtiment**

☐ Climatologie

- Situation
- Lieu
- Caractéristiques météorologiques

Ces données sont disponibles sur **PVGIS**

☐ Orientation

- Capture solaire
- Accumulation par inertie terminale
- Isolation
- Aménagement intérieur du bâtiment

- Il est important de connaître les conditions d'humidité et de température de l'environnement, les précipitations et les vents dominants.
- Les données météorologiques de chaque site sont obtenues par le biais de sites web et de programmes spécifiques tels que Ecotect, Metonorm ou PHPP.

PVGIS est une application web qui permet à l'utilisateur d'obtenir des données sur le rayonnement solaire et la production d'énergie des systèmes photovoltaïques (PV), à n'importe quel endroit dans la plupart des régions du monde.
https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html

- L'orientation sud dans l'hémisphère nord permet d'absorber le plus de soleil en hiver et de se protéger le plus facilement contre la surchauffe en été. À l'inverse, l'orientation nord serait la plus adaptée dans l'hémisphère sud.

4. PRINCIPES D'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE

4.1 CONCEPTION PASSIVE

Solutions bioclimatiques lors de la **projection du bâtiment**

PVGIS https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html

The screenshot shows the PVGIS web application interface. On the left, a map displays the region of Valencia, Spain, with a red location marker. The right panel, titled 'MONTHLY IRRADIATION DATA', includes a 'Solar radiation database' dropdown set to 'PVGIS-CORSAF'. The 'Start year' is 2007 and the 'End year' is 2010. Under 'Irradiation', there are checkboxes for 'Global horizontal irradiation', 'Direct normal irradiation', 'Global irradiation optimum angle', and 'Global irradiation at angle'. The 'Ratio' section has a checked box for 'Diffuse/global ratio'. The 'Temperature' section has a checked box for 'Average temperature'. At the bottom, there are buttons for 'Visualize results' and 'Download csv'.

Valeurs de rayonnement mensuelles/quotidiennes

En choisissant « Mensuel », il calcule les moyennes mensuelles de rayonnement solaire pour l'endroit choisi, en montrant dans des graphiques ou des tableaux comment la moyenne solaire varie sur une période de plusieurs années.

Quotidiennement, il montre l'irradiation solaire moyenne pour chaque heure de la journée pour un mois choisi, avec la moyenne prise sur tous les jours de ce mois pendant la période pluriannuelle pour laquelle nous avons des données.

Données de l'année météorologique type (ATM)

Une année météorologique typique (ATM) est un ensemble de données météorologiques avec des valeurs de données pour chaque heure de l'année pour un lieu géographique donné.

Voici quelques résultats qui peuvent être obtenus et qui pourraient être intéressants pour la projection du bâtiment :

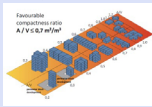
- Température du bulbe sec (air) (°C)
- Humidité relative (%)
- Irradiation e horizontale globale (W/m2)
- Irradiation horizontale diffuse (W/m2)
- Rayonnement infrarouge vers le bas (W/m2)
- Vitesse du vent (m/s)

4. PRINCIPES D'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE

4.1 CONCEPTION PASSIVE

Solutions bioclimatiques lors de la **projection du bâtiment**

❑ Compacité



- La compacité est définie comme le rapport entre la surface de l'enveloppe extérieure et le volume qu'elle renferme.
- Les grands bâtiments ont tendance à être plus compacts (0,2-0,5 m) et, dans les climats froids, ils ont tendance à avoir une demande énergétique plus faible.

❑ Protections solaires



- Le rayonnement solaire, qui est utilisé comme source d'énergie passive pour les bâtiments, est un avantage qui devient un inconvénient en été.
- Ces protections sont utilisées afin d'obtenir une collecte solaire maximale en hiver et de minimiser la surchauffe en été.

❑ Toit vert et façades végétales



- La végétation offre une protection contre le vent, une humidification naturelle des espaces et un contrôle solaire, entre autres.
- Ces solutions contribuent à augmenter l'inertie thermique du toit et des murs, ce qui permet d'obtenir un meilleur rendement bioclimatique du bâtiment. De plus, elles permettent de récupérer une partie de la végétation qui a été perdue lors de la construction du bâtiment.

4. PRINCIPES D'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE

4.1 CONCEPTION PASSIVE

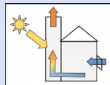
Solutions bioclimatiques lors de la **projection du bâtiment**

❑ Serres et galeries vitrées



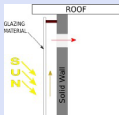
- Une serre est un espace vitré qui est attaché à une construction pour en améliorer l'efficacité énergétique.
- Les serres produisent une surchauffe de l'air en utilisant le rayonnement solaire incident.
- Cet air chaud peut être introduit dans le bâtiment afin d'en augmenter la température en hiver et, en été, il doit être ventilé pour éviter la surchauffe.

❑ Ventilation et cheminées solaires



- La ventilation est la stratégie pour les climats chauds et humides. L'air intérieur surchauffé est remplacé par de l'air extérieur plus frais. En augmentant la vitesse de l'air à travers la ventilation, la sensation de chaleur intérieure est réduite.

❑ Murs de Trombe



- C'est un mur vierge orienté, selon l'hémisphère, vers la position la plus favorable au soleil. Pour sa construction, les matériaux utilisés sont ceux qui permettent d'absorber la chaleur sous forme de masse thermique, tels que : le béton, la pierre ou l'adobe.

4. PRINCIPES D'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE

4.1 CONCEPTION PASSIVE

Des solutions bioclimatiques dans l'aménagement intérieur du bâtiment:

☐ Inertie thermique dans les murs : Enceintes opaques

Facteurs à considérer	Caractéristiques
Pertes de chaleur	<ul style="list-style-type: none"> Elles se produisent naturellement entre la maison et l'extérieur. Il convient d'utiliser une quantité suffisante d'isolant et de surveiller les ponts thermiques, la ventilation et l'étanchéité du bâtiment.
Conductivité thermique λ	<ul style="list-style-type: none"> Capacité à transmettre la chaleur, mesurée par la grandeur connue sous le nom de coefficient de conductivité thermique, dont les unités dans le Système International sont W/(mK). Plus la valeur de λ est faible, meilleure est l'isolation du matériau.
Résistance thermique R	<ul style="list-style-type: none"> La capacité d'un matériau à s'opposer au flux de chaleur. L'unité du système international est le m²K/W.
Transmission thermique U	<ul style="list-style-type: none"> Propriété physique des matériaux qui mesure la quantité d'énergie qui traverse un élément dans une unité de temps. Unités du système international W/m²K. Plus la valeur U est faible, plus le logement sera de bonne qualité.

4. PRINCIPES D'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE

4.1 CONCEPTION PASSIVE

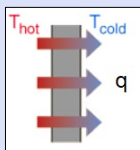
Des solutions bioclimatiques dans l'aménagement intérieur du bâtiment:

☐ Inertie thermique dans les murs : Enceintes opaques

Le transfert de chaleur par conduction à travers les murs peut être exprimé avec la "loi de Fourier" :

$$Q = U \cdot A \cdot dT$$

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{\frac{s_1}{k_1} + \frac{s_2}{k_2} + \frac{s_3}{k_3} \dots}$$



$q = \left(\frac{Q}{A}\right)$ Transfert de chaleur par unité de surface $\left(\frac{W}{m^2}\right), \left(\frac{J}{m^2 \cdot s}\right)$

k = Conductivité thermique totale du matériau $\left(\frac{W}{m \cdot K}\right)$

s = épaisseur du matériau (m)

A = zone de transfert de chaleur (m²)

$R = \frac{s}{k}$ = Résistance thermique $\left(\frac{m^2 \cdot K}{W}\right)$

U = Coefficient de transfert de chaleur ou de transmission thermique $\left(\frac{W}{m^2 \cdot K}\right)$

$dT = T_1 - T_2$ = gradient de température - différence sur le matériau (°C, °F)

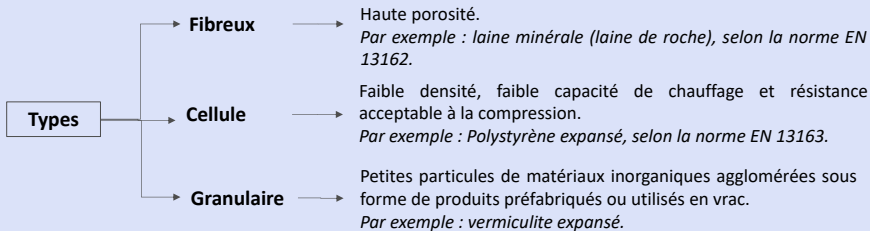
4. PRINCIPES D'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE

4.1 CONCEPTION PASSIVE

Des solutions bioclimatiques dans l'**aménagement intérieur du bâtiment**:

□ Isolation thermique

- Mesure initiale, moins chère et plus efficace pour les économies d'énergie.
- Élément essentiel dans les maisons passives ou Passivhaus.
- L'épaisseur du matériau dépend du budget et de l'effet d'isolation thermique à obtenir.



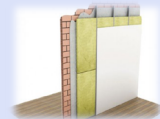
4. PRINCIPES D'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE

4.1 CONCEPTION PASSIVE

Des solutions bioclimatiques dans l'**aménagement intérieur du bâtiment**:

□ Isolation acoustique

- Utilisation à la fois de matériaux absorbants et de matériaux isolants.



Facteurs à considérer	Caractéristiques
Le facteur "Massy"	Plus la masse est élevée, plus la résistance opposée au choc de l'onde sonore est grande et plus l'atténuation est importante
Facteur multicouche	Pour les éléments de construction composés de plusieurs couches, il est important que l'insolation sonore soit plus élevée que la somme des niveaux d'isolation de chaque couche.
Facteur de dissipation	Améliore l'isolation si un matériau absorbant est placé entre les deux couches (faible densité et grande quantité de pores)

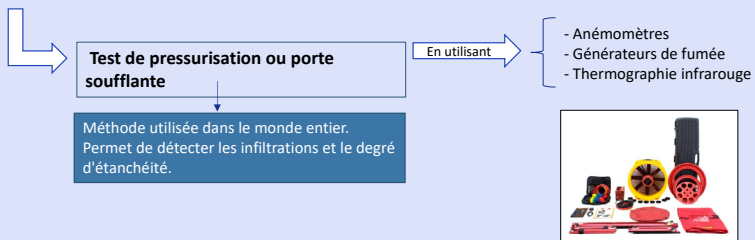
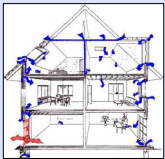
4. PRINCIPES D'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE

4.1 CONCEPTION PASSIVE

Des solutions bioclimatiques dans l'aménagement intérieur du bâtiment:

□ Etanchéité

- Le joint est différent et indépendant de l'isolation.
- Maximum de 0,6 changements d'air par heure à une pression de 50 Pascals (comme vérifié par un test de pression sur site à l'état pressurisé et dépressurisé).
- La garantie d'une bonne herméticité assure l'effet isolant des éléments de construction.



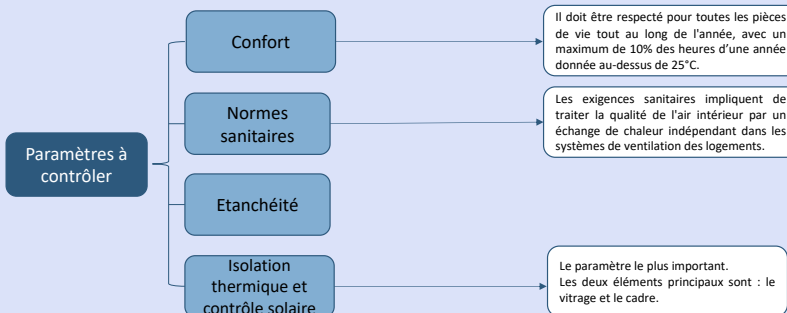
4. PRINCIPES D'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE

4.1 CONCEPTION PASSIVE

Des solutions bioclimatiques dans l'aménagement intérieur du bâtiment:

□ Les creux, les portes et les fenêtres

Les écarts sont définis comme des zones d'enceinte plus sensibles à la température et aux pertes d'étanchéité.



4. PRINCIPES D'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE

4.1 CONCEPTION PASSIVE

Des solutions bioclimatiques dans l'aménagement intérieur du bâtiment:

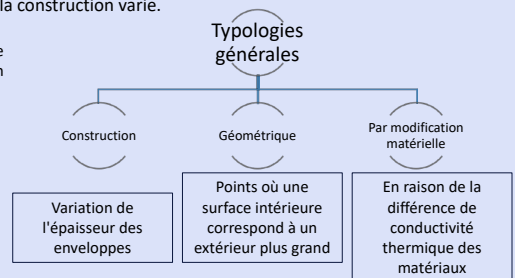
□ Les ponts thermiques

Ce sont des éléments de construction pour lesquels l'uniformité de la construction varie.

- Pour un bâtiment Passivhaus, où les pertes de transmission et de ventilation sont très faibles, les ponts thermiques peuvent avoir un grand impact s'ils ne sont pas contrôlés dans le projet et sur le site.

Les effets négatifs des ponts thermiques :

- Augmentation du flux thermique entre l'intérieur et l'extérieur
- Augmentation de l'humidité relative (en hiver) à la surface de l'enveloppe thermique
- Risque de condensation et de moisissures



4. PRINCIPES D'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE

4.1 CONCEPTION PASSIVE

Des solutions bioclimatiques dans l'aménagement intérieur du bâtiment:

□ Les ponts thermiques

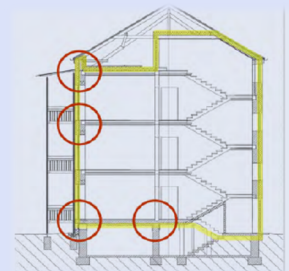
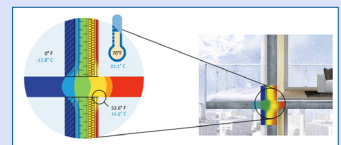
Dans un bâtiment ils sont classifiés comme:

Ponts thermiques intégrés dans les enceintes

- Piliers intégrés dans des enceintes de façades
- Contour de creux et de lucarnes
- Boîtes de stores

Ponts thermiques formés par la rencontre des enceintes

- Façades en dalles
- Joints de toiture avec la façade
- Rencontres de surplombs et/ou de cloisonnements intérieurs avec les façades
- Façade unie avec des enceintes en contact avec le terrain



4. PRINCIPES D'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE

4.2 CONCEPTION ACTIVE

La conception active se concentre directement sur le choix et la conception des systèmes de production et de consommation d'énergie. La réduction de la consommation d'énergie des systèmes énergétiques d'un bâtiment peut être obtenue essentiellement de deux façons

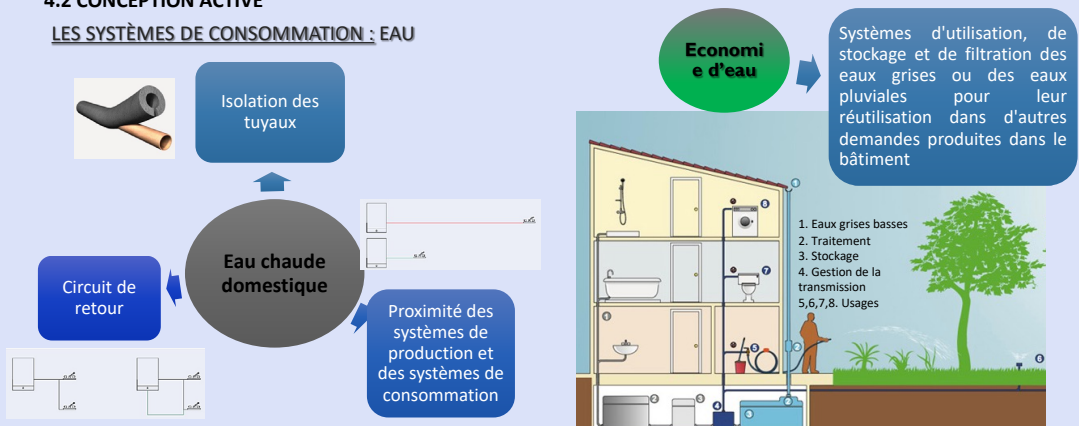
- Réduire la consommation, mettre en place une **consommation plus efficace** avec des pertes moindres.
- Introduire **des machines ou des systèmes de production** plus efficaces, et profiter de l'énergie "gratuite" provenant des **énergies renouvelables**.



4. PRINCIPES D'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE

4.2 CONCEPTION ACTIVE

LES SYSTÈMES DE CONSOMMATION : EAU



4. PRINCIPES D'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE

4.2 CONCEPTION ACTIVE

LES SYSTÈMES DE CONSOMMATION : EAU

Robinetts efficaces

Robinetts mono-commandés



Robinetts thermostatiques



Robinetts à minuteur



Robinetts électriques

Robinetts avec aérations



Toilettes efficaces

Système de double chasse d'eau



Système lavabo-toilette

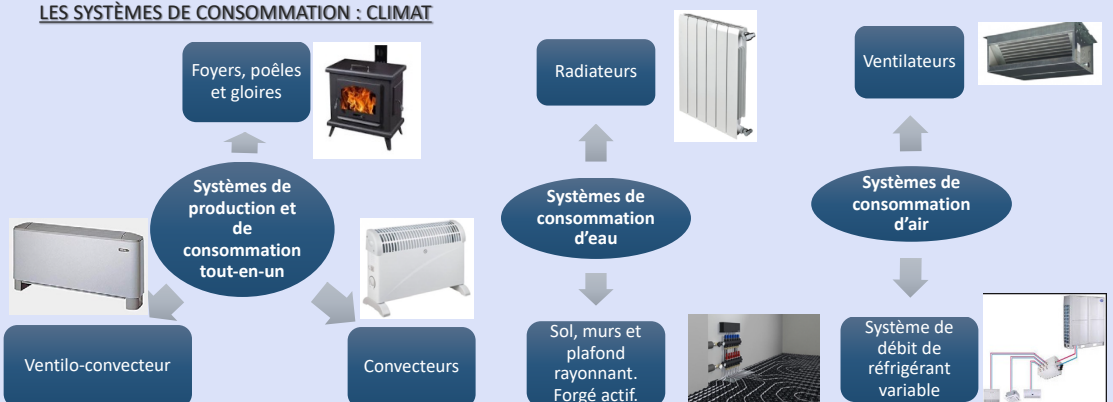


Réservoirs à faible volume

4. PRINCIPES D'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE

4.2 CONCEPTION ACTIVE

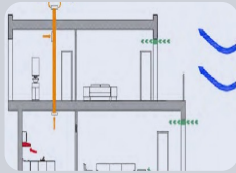
LES SYSTÈMES DE CONSOMMATION : CLIMAT



4. PRINCIPES D'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE

4.2 CONCEPTION ACTIVE

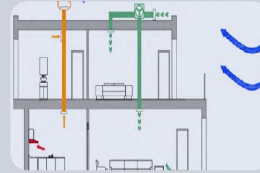
LES SYSTEMES DE CONSOMMATION: VENTILATION



Système A : Ventilation non contrôlée

C'est la méthode la plus simple, sans dispositifs mécaniques. Pour effectuer la rénovation de l'air, on se base sur la pression que l'air exerce sur les façades des bâtiments en raison de la différence de température. L'entrée d'air est causée par la mauvaise étanchéité des portes et des fenêtres, ou par des ouvertures réglables dans les façades, tandis que l'extraction est produite par une sous-pression avec des conduits vers l'extérieur.

Ce système n'est plus utilisé en raison de la gêne importante générée et de la forte consommation d'énergie.



Système B : admission mécanique et extraction naturelle

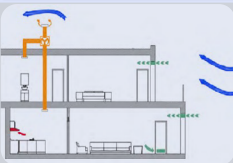
Un ou plusieurs ventilateurs sont utilisés pour faire entrer de l'air et l'envoyer dans la pièce souhaitée par des conduits. Ce système permet une régulation et la possibilité d'être fermé. L'extraction s'effectue naturellement vers l'extérieur par des fentes dans les zones humides.

Il est possible de filtrer et d'empêcher l'entrée d'air contaminé et de poussière. Comme inconvénients, il génère une gêne thermique, en introduisant l'air directement à la température extérieure, et des niveaux sonores gênants pourraient être produits par le ventilateur et les conduits, s'ils ne sont pas calculés correctement.

4. PRINCIPES D'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE

4.2 CONCEPTION ACTIVE

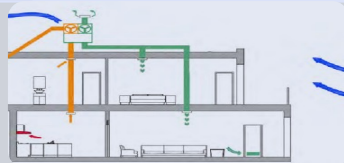
LES SYSTEMES DE CONSOMMATION: VENTILATION



Système C : admission naturelle et extraction mécanique

L'extraction de l'air vicié est effectuée mécaniquement à partir des zones humides par un extracteur relié à des conduits où l'air est extrait vers l'extérieur.

Ce système simple ne nécessite qu'un entretien minimal. Il présente cependant quelques inconvénients, comme l'existence d'une gêne due à l'impossibilité de réguler le débit d'air entrant, ni la température de l'air entrant, ainsi que l'entrée de bruit provenant de l'extérieur.



Système D1 : Admission mécanique centralisée et extraction mécanique centralisée

Un système de conduits permet de relier l'admission et l'extraction à un système centralisé qui régule les débits d'entrée et de sortie, fonctionnant de manière équilibrée et permettant la ventilation de toutes les cabines, quelle que soit leur occupation ou la qualité de l'air intérieur.

Il est possible d'intégrer dans le système une récupération de chaleur, qui permet de contrôler les débits et de profiter de l'échange de températures entre l'entrée et la sortie d'air (sans mélange), réduisant ainsi les charges de climatisation.

Les systèmes de récupération de chaleur sont composés de filtres à air, d'un échangeur de chaleur et de ventilateurs soufflants et extracteurs. Les inconvénients sont l'entretien des ventilateurs et des conduits ainsi que leur consommation d'énergie.



Système D2 : admission mécanique décentralisée et extraction mécanique centralisée

Ce système intègre les vertus des deux systèmes précédents, tout en répondant à leurs inconvénients. Il existe différentes unités de commande mécanique décentralisées, qui permettent de régler individuellement le débit d'entrée, tandis que l'éjection est effectuée de manière centralisée dans les cuisines et les toilettes.

Il ne nécessite pas de conduits d'admission, ce qui réduit la maintenance. La mise en œuvre est facile lors des réhabilitations avec la possibilité de filtrer l'air d'entrée. L'inconvénient réside dans les trous générés dans la façade pour le passage de l'air, et dans la nécessité d'avoir un point de courant à proximité de chaque unité d'admission mécanique.

LEÇON 5

Sources d'énergies renouvelables (Conception active)

Dans cette leçon, vous serez focalisés sur la deuxième partie de la conception active, à savoir les sources de génération d'énergie renouvelables et les différents systèmes de génération disponibles pour un bâtiment. Le logiciel PVGIS y est également présenté, utile pour calculer la production d'énergie du système photovoltaïque.

- ✓ Le but principal de cette leçon est de connaître les différentes façons de produire de l'énergie dans un bâtiment et leurs principes de base. Utiliser le logiciel PVGIS est également un objectif puisque vous en aurez besoin pour réaliser l'étude de cas.

5. SOURCES D'ÉNERGIE RENOUVELABLES

LES SYSTÈMES DE GÉNÉRATION : ÉNERGIE ÉOLIENNE OU MINI-ÉOLIENNE

L'énergie éolienne la plus utilisée dans le bâtiment est le vent de petite puissance, qui est défini comme "l'utilisation des ressources éoliennes en utilisant des éoliennes d'une puissance inférieure à 100kW". La limitation à 100kW est marquée par le Règlement sur la basse tension, qui établit un maximum pour cette puissance. De plus, la réglementation IEC 614000-2 limite la surface de balayage du rotor à 200m².

Il existe différents types d'éoliennes de petite puissance selon l'orientation de leur axe :



Axe horizontal



Axe de levage vertical (Darrieus)



Axe de traînée verticale (Savonius)

5. SOURCES D'ÉNERGIE RENOUVELABLES

LES SYSTÈMES DE GÉNÉRATION : ÉNERGIE ÉOLIENNE OU MINI-ÉOLIENNE

Les éoliennes d'un bâtiment ont généralement une puissance installée d'environ 10 kW, en fonction de la surface d'alimentation. Pour les résidences collectives ou les grands centres commerciaux, on utilise des éoliennes de plus grande puissance.

Les mini-éoliennes peuvent fournir directement l'électricité produite au réseau ou l'utiliser pour l'autoconsommation :

- **Systèmes connectés au réseau électrique** : les éoliennes sont généralement connectées au réseau électrique lorsque le cadre de paiement est suffisamment intéressant et que les procédures de connexion ne sont pas d'un coût et d'une complexité prohibitifs.
- **Systèmes isolés** : ils sont généralement installés lorsqu'il n'y a pas de point d'installation à proximité du réseau dans le bâtiment, et ils ne sont alimentés qu'en énergie éolienne.



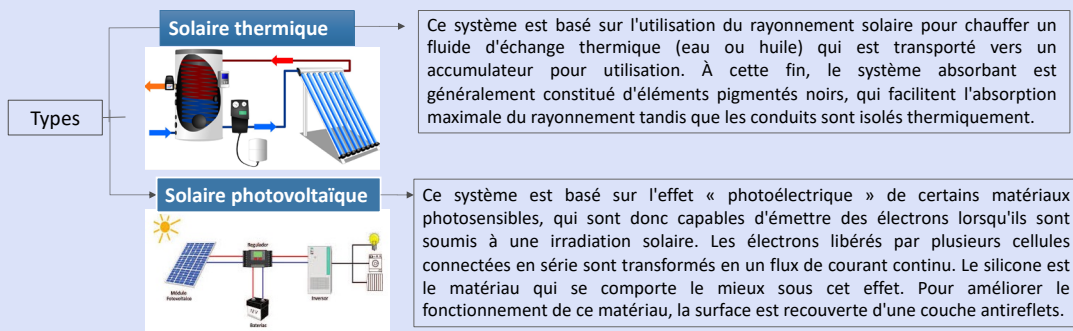
Les différents avantages de l'installation de mini-éoliennes sont :

- Production d'énergie sans émissions de CO2 ou d'autres polluants
- Production locale d'électricité réduisant ou minimisant les pertes énergétiques due aux transports
- La production d'électricité là où le réseau électrique n'a pas de portée
- Production d'électricité avec de faibles vitesses de vent, à partir de 2,50 m/s

5. SOURCES D'ÉNERGIE RENOUVELABLES

LES SYSTÈMES DE GÉNÉRATION : L'ÉNERGIE SOLAIRE DANS LE BÂTIMENT

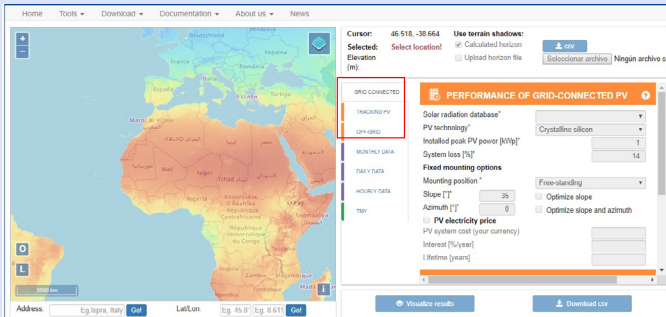
L'énergie solaire est l'une des plus utilisées dans les bâtiments en raison des grands efforts et des incitations mis en œuvre par les différents gouvernements et directives européens.



5. SOURCES D'ÉNERGIE RENOUVELABLES

LES SYSTÈMES DE GÉNÉRATION : L'ÉNERGIE SOLAIRE DANS LES BÂTIMENTS

En utilisant le logiciel PVGIS, il est possible de calculer la production d'énergie du système photovoltaïque (PV), en tout lieu, dans la plupart des régions du monde. Il existe également trois types différents de systèmes photovoltaïques :



Performance des systèmes photovoltaïques connectés au réseau

Cet outil permet d'estimer la moyenne mensuelle et annuelle de la production énergétique d'un système photovoltaïque connecté au réseau électrique, sans stockage sur batterie. Le calcul prend en compte le rayonnement solaire, la température, la vitesse du vent et le type de module PV.

Performance du suivi des PV

Les modules PV peuvent être placés sur des supports qui les déplacent pour leur permettre de suivre (tracer) le mouvement du soleil dans le ciel. De cette façon, nous pouvons augmenter la quantité de lumière solaire arrivant aux modules PV. Ce mouvement peut être effectué de plusieurs manières différentes :

- Axe vertical.
- Axe incliné.
- Suiveur à deux axes.

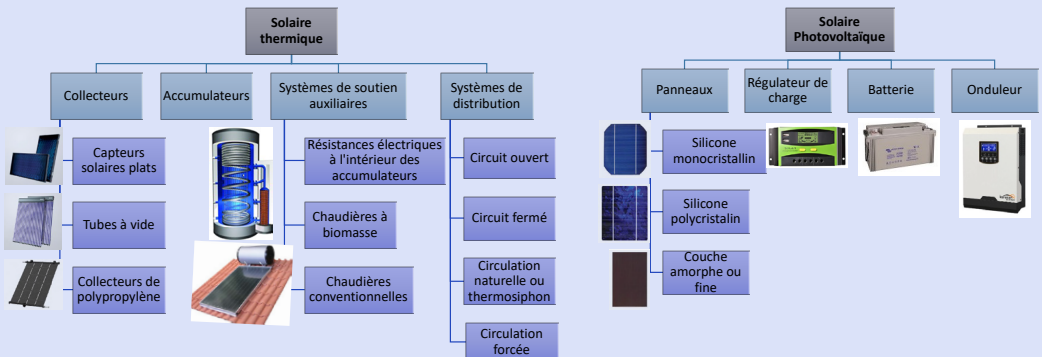
Performance des systèmes photovoltaïques hors réseau

Cette partie du PVGIS calcule la performance des systèmes photovoltaïques qui ne sont pas connectés au réseau électrique mais qui dépendent plutôt du stockage sur batterie pour fournir de l'énergie lorsque le soleil ne brille pas.

5. SOURCES D'ÉNERGIE RENOUVELABLES

LES SYSTÈMES DE GÉNÉRATION : L'ÉNERGIE SOLAIRE DANS LES BÂTIMENTS

Les éléments clés de l'installation :



5. SOURCES D'ÉNERGIE RENOUVELABLES

LES SYSTÈMES DE GÉNÉRATION : POMPES A CHALEUR

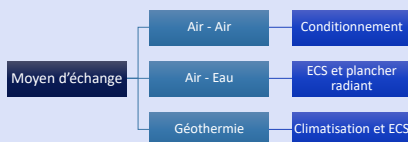
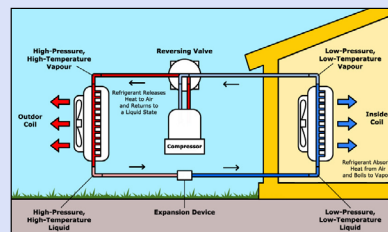
La pompe à chaleur est essentiellement une machine qui **transfère la chaleur d'un foyer froid à un foyer chaud**. Depuis le foyer froid, l'énergie contenue dans l'air, le sol ou l'eau permet de chauffer les pièces en utilisant une **petite contribution d'énergie électrique**, ce qui constitue le principal avantage par rapport aux autres systèmes.

Ils peuvent également effectuer le processus de transfert en **sens inverse**, en extrayant l'énergie thermique de l'intérieur et en la renvoyant vers l'extérieur, pour refroidir les pièces intérieures (en extrayant la chaleur).

La **puissance calorifique ou frigorifique des pompes à chaleur, comme leur efficacité énergétique (COP), dépend souvent de la température** à laquelle elles sont soumises. En outre, plus le COP est élevé, plus la proportion d'énergie thermique renouvelable utilisée est importante.

En termes de refroidissement, il convient de noter que les pompes à chaleur qui utilisent le sol comme source de chaleur (géothermie) ont un meilleur COP qu'une pompe à chaleur à air (aérotherme).

Éléments des pompes à chaleur



5. SOURCES D'ÉNERGIE RENOUVELABLES

LES SYSTÈMES DE GÉNÉRATION : APPLICATION DES POMPES A CHALEUR

GÉOTHERMIE

La température de la terre varie en fonction de sa profondeur. À une profondeur d'environ 10 mètres, elle reste constante et se rapproche de la température annuelle moyenne de l'air ambiant dans la région. Ce phénomène est dû à l'énergie fournie par le rayonnement solaire, les précipitations et d'autres phénomènes grâce auxquels la température est équilibrée, ce qui implique une source de chaleur constante utile pour un échange de chaleur à travers différents types de captage avec des tuyaux. Dans les bâtiments, elle est utilisée pour climatiser les espaces en été et en hiver et pour produire de l'eau chaude sanitaire.

AÉROTHERMIE

L'aérothermie est une énergie stockée sous forme de chaleur dans l'environnement par une pompe à chaleur air-air ou air-eau, contrairement à la géothermie dont le milieu est la terre.



5. SOURCES D'ÉNERGIE RENOUVELABLES

LES SYSTÈMES DE GÉNÉRATION : BIOMASSE

La production d'énergie à partir de la biomasse pour les bâtiments résidentiels consiste essentiellement en la combustion de pellets (les plus courants), de briquettes, de bois de chauffage ou de copeaux. Son utilisation est axée sur le chauffage et l'eau chaude sanitaire.

Il s'agit d'une énergie à haut rendement car, outre les résultats énergétiques, le CO₂ émis par une plante (base de la biomasse) lors de sa décomposition naturelle est presque le même que celui qu'elle a absorbé pendant sa croissance. Dans un processus de combustion, le végétal libère la même proportion de CO₂, le chauffage de la biomasse respecte donc le cycle du dioxyde de carbone.

Elle permet également d'économiser les coûts de transport et de favoriser le développement de la zone où elle est produite.



LEÇON 6

Certification énergétique

Dans cette leçon, vous apprendrez les directives applicables à la certification énergétique, les caractéristiques d'un certificat de performance énergétique (CPE) d'un bâtiment et quelques exemples de logiciels utilisés pour analyser et optimiser la performance énergétique d'un bâtiment. Vous découvrirez également les systèmes de gestion et de surveillance de l'énergie (BMS et EMS) et la gestion à distance de l'énergie.

- ✓ L'objectif principal de cette leçon est de connaître les principales exigences d'un CPE ainsi que les outils informatiques qui pourraient vous aider à calculer la performance énergétique d'un bâtiment. En outre, vous apprendrez à connaître le concept et les avantages des systèmes de gestion et de surveillance de l'énergie et de la gestion à distance de l'énergie.

6. CERTIFICATION ÉNERGÉTIQUE

6.1 DIRECTIVES APPLICABLES

Les principales lois applicables pour la promotion de la certification de la performance énergétique (CPE) dans les bâtiments sont la directive sur l'efficacité énergétique dans les bâtiments (2010/31/UE révisée par 2018/844/UE) et la directive sur l'efficacité énergétique (2012/27/UE). Sur base de celles-ci, chaque pays membre a développé une procédure de base pour la certification de l'efficacité énergétique des bâtiments, pour laquelle une classification est établie selon la consommation d'énergie en kWh / m² du bâtiment et les émissions de CO₂ en kgCO₂ / m².



- ➔ L'objectif principal de la CPE est de servir d'outil d'information pour les propriétaires, les occupants et les acteurs de l'immobilier. Par conséquent, les CPE peuvent être un puissant outil de marché pour créer une demande d'efficacité énergétique dans les bâtiments, en ciblant les améliorations comme critère de décision dans les transactions immobilières et en fournissant des recommandations pour l'amélioration de la performance énergétique de manière rentable ou optimale en termes de coûts.
- ➔ Afin de faciliter le calcul de la cote énergétique, différents logiciels sont couramment utilisés. Dans certains pays, un programme de calcul spécifique a été développé par des organismes publics pour l'obtention de la certification. Les diapositives suivantes montrent certains logiciels qui sont généralement utilisés.

6. CERTIFICATION ÉNERGÉTIQUE

6.2 SIMULATION ET LOGICIELS

Energy+

Programme d'analyse énergétique et de simulation des charges thermiques. Il calcule les charges de chaleur et de froid nécessaires pour maintenir les conditions de contrôle, les conditions dans l'ensemble du système de climatisation et des charges, et la consommation d'énergie des équipements.

DesignBuilder

Il s'agit d'un outil logiciel basé sur Energy+ utilisé pour mesurer et contrôler l'énergie, le carbone, l'éclairage et le confort. DesignBuilder est développé pour faciliter le processus de simulation des bâtiments.

Simergy

Il s'agit d'un produit innovant basé sur le BIM qui permet aux architectes, ingénieurs, entrepreneurs et propriétaires de bâtiments de simuler, d'analyser et d'optimiser les performances de leurs conceptions de bâtiments avant de les construire. Il est utilisé par les principales entreprises du secteur pour optimiser l'efficacité énergétique du bâtiment, l'éclairage naturel et le confort.

Ecotect

Le logiciel Autodesk® Ecotect® Analysis est un outil de conception complète et d'analyse durable du cycle, depuis le concept au détail, qui offre un large éventail de fonctions de simulation et d'analyse pour améliorer les performances des bâtiments existants et la conception de nouveaux bâtiments.



6. CERTIFICATION ÉNERGÉTIQUE



Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

6.2 SIMULATION ET LOGICIELS



Trnsys

Il s'agit d'un programme de simulation de systèmes transitoires à structure modulaire. TRNSYS est devenu un logiciel de référence pour les chercheurs et les ingénieurs du monde entier. Les principales applications comprennent : les systèmes solaires (systèmes solaires thermiques et photovoltaïques), les bâtiments à faible consommation d'énergie et les systèmes CVC, les systèmes d'énergie renouvelable, la cogénération, les piles à combustible.



eQUEST

Il s'agit d'un outil gratuit et facile à utiliser d'analyse de l'utilisation de l'énergie dans la construction, qui fournit des résultats à un niveau professionnel avec un niveau d'effort abordable. Il permet aux utilisateurs d'effectuer une analyse détaillée des technologies de conception de bâtiments les plus modernes en utilisant les techniques les plus avancées actuelles de simulation de l'utilisation de l'énergie dans les bâtiments, sans toutefois exiger une expérience approfondie dans "l'art" de la modélisation des bâtiments à bonnes performances.

Fluent ANSYS

Fluent est entièrement intégré dans l'environnement ANSYS Workbench, une plateforme conçue pour des flux de travail efficaces et flexibles, une associativité CAO et de puissantes capacités de modélisation géométrique et maillée. ANSYS Fluent peut résoudre les modèles les plus sophistiqués pour les écoulements multiphasiques, les réactions chimiques et la combustion. Même les écoulements complexes, internes et externes, visqueux et turbulents, les prévisions de bruit induit par l'écoulement, le transfert de chaleur avec et sans rayonnement peuvent être facilement modélisés.

6. CERTIFICATION ÉNERGÉTIQUE



Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

6.3 CERTIFICAT DE PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE D'UN BÂTIMENT

Les certificats de performance énergétique (CPE) sont exigés lorsqu'un bâtiment ou une propriété de plus de 50m² est construit, vendu ou loué. Ils sont valables pendant dix ans. Le CPE se compose de deux parties :

➤ Une note graphique calculée sur la performance du bâtiment et de ses services :

- La taille du bâtiment et les différentes zones d'activité qui s'y trouvent.
- Les niveaux d'isolation du bâtiment.
- Les systèmes qui fournissent de la chaleur au bâtiment.
- La façon dont l'air frais se déplace dans le bâtiment.
- Ce qui maintient le bâtiment au frais.
- La façon dont l'eau chaude est fournie aux salles de bain et aux cuisines.
- Les systèmes ou contrôles de gestion du bâtiment.
- L'alimentation électrique du bâtiment.
- Les systèmes d'éclairage du bâtiment.
- La présence d'une production d'énergie sur place.
- Comment le bâtiment est utilisé et par qui.

Plus les informations sur ces domaines sont complètes, plus la notation et les recommandations sont susceptibles d'être précises.

➤ Un indicateur de l'évaluation potentielle du bâtiment si toutes les mesures rentables suggérées dans les recommandations sont mises en œuvre.

Energy Performance Certificate

Dwelling type: Detached house | Reference number: 00000000000000000000
 Date of assessment: 18 April 2012 | Type of assessment: Existing dwelling
 Date of certificate: 18 April 2012 | Total floor area: 171 m²

Estimated energy costs of dwelling for 3 years: €4,671
Over 3 years you could save: €865

Current costs	Potential costs	Potential future savings
Lighting: €435 over 3 years	€221 over 3 years	You could save €865 over 3 years
Heating: €3,804 over 3 years	€1,201 over 3 years	
Hot water: €432 over 3 years	€246 over 3 years	
Totals: €4,671	€1,768	

Energy Efficiency Rating

Current	Potential
D	A

Top actions you can take to save money and make your home more efficient

Recommended measures	Indicative cost	Typical savings over 3 years	Available with Green Deal
1. Cavity wall insulation	€500 - €1,500	€800	Yes
2. Low energy lighting for all fixed outlets	€20	€100	Yes
3. Solar water heating	€4,000 - €8,000	€317	No

Page 1 of 5

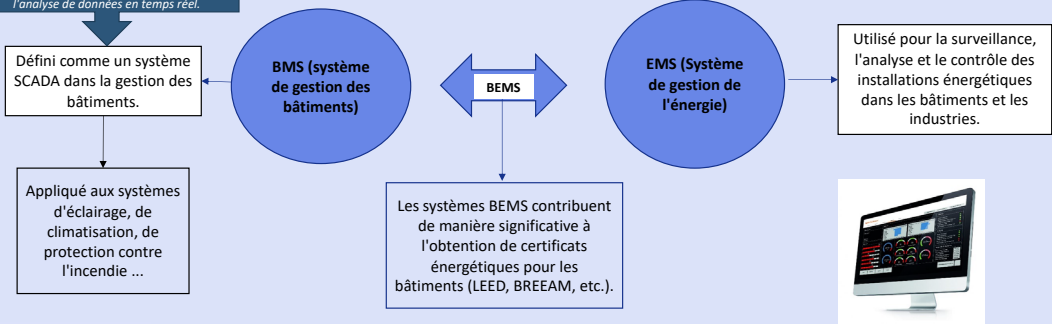
Exemple d'un CPE autrichien

6. CERTIFICATION ÉNERGÉTIQUE

6.4 SYSTÈMES DE GESTION ET DE CONTRÔLE DE L'ÉNERGIE

Il existe deux principaux outils technologiques complémentaires pour gérer l'efficacité énergétique du bâtiment :

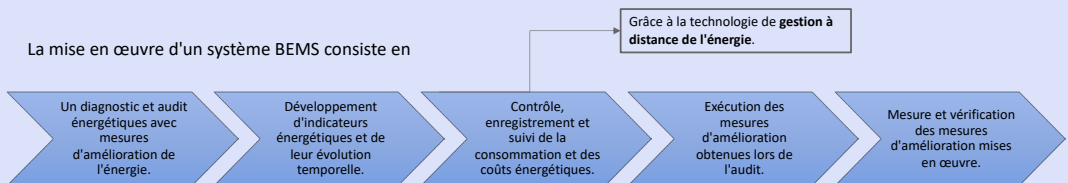
SCADA est un acronyme pour *contrôle de surveillance et acquisition de données*, un système informatique pour la collecte et l'analyse de données en temps réel.



6. CERTIFICATION ÉNERGÉTIQUE

6.4 SYSTÈMES DE GESTION ET DE CONTRÔLE DE L'ÉNERGIE

La mise en œuvre d'un système BEMS consiste en



Les principaux indicateurs d'efficacité énergétique sont les suivants :

- Émissions annuelles de CO₂
- Consommation annuelle d'énergie primaire non renouvelable.

AVANTAGES de l'introduction d'un système de gestion BEMS :

- ✓ Une meilleure maîtrise de la consommation d'énergie.
- ✓ Meilleure analyse des coûts énergétiques.
- ✓ Meilleure compréhension des implications environnementales des installations.

6. CERTIFICATION ÉNERGÉTIQUE

6.4 SYSTÈMES DE GESTION ET DE CONTRÔLE DE L'ÉNERGIE

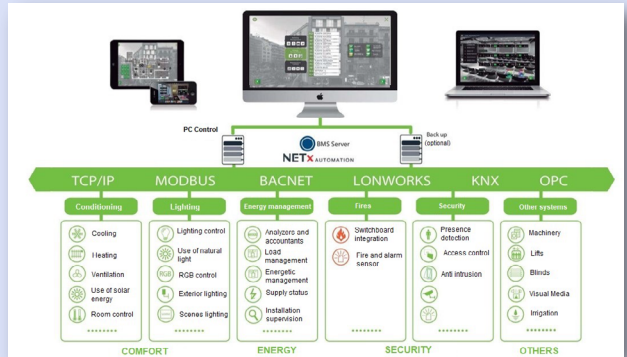
L'image suivante montre la capacité potentielle liée à l'installation d'un BEMS dans un bâtiment.

Deux obstacles rendent difficile la mise en place de ce système:

- Les bâtiments existants ne disposent pas de l'infrastructure nécessaire pour avoir un contrôle numérique.
- L'ignorance de l'existence du nouveau concept BEMS.

Voici des propositions pour surmonter ces obstacles:

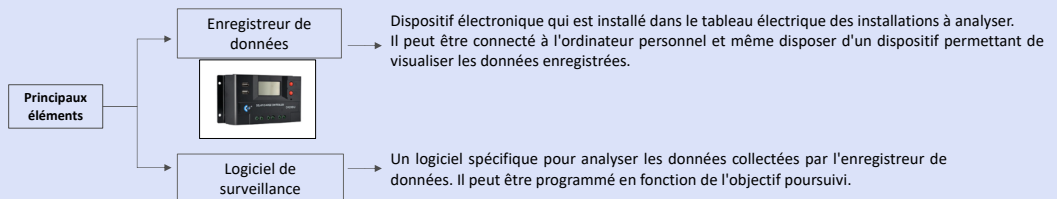
- Les technologies d'automatisation des bâtiments qui intègrent les technologies câblées, sans fil et Internet pour améliorer l'interopérabilité de systèmes d'automatisation.
- La nécessité de convaincre l'utilisateur de l'utilité de ces systèmes. En outre, les outils avancés et analytiques garantissent que la gestion atteindra les objectifs de durabilité



6. CERTIFICATION ÉNERGÉTIQUE

6.5 GESTION À DISTANCE DE L'ÉNERGIE

- Ensemble de produits basés sur les technologies informatiques, électroniques et de télécommunications, qui permettent de contrôler à distance des installations techniques isolées ou géographiquement réparties.
- Technologie utilisée pour contrôler la consommation d'énergie pour différents éléments.
- Enregistre l'information afin de l'analyser et de l'optimiser.



LEÇON 7

Exemples

Dans cette leçon, vous aurez les caractéristiques, les installations et les données constructives de deux cas réels de bâtiments à haute efficacité énergétique.

- ✓ L'objectif de cette leçon est de réaliser comment les mesures étudiées sont appliquées et de vous familiariser avec le type de matériaux et d'installations utilisés dans les bâtiments à consommation d'énergie quasi nulle.

7. EXEMPLES

7.1 CARTIF III (Valladolid, Espagne, 2011)



- Surface bâtie : 4075 m²
- Coût total : 4.645.758 €.

Dans le cadre du projet européen DIRECTION dont la limite de consommation (énergie primaire) devait être inférieure à 60 kWh / m² an

Demande d'énergie primaire

Demande de chauffage : 17,62 kWh/m² an
Refroidir la demande : 6,18 kWh/m² an

Charge de refroidissement

Puissance de chauffage installée : 68 W/m²
Puissance de refroidissement installée : 18,11 W/m²

Cote énergétique : A



7. EXEMPLES

7.1 CARTIF III (Valladolid, Espagne, 2011)

Installations

Renouvelables et systèmes d'autoconsommation

- Géothermie
- Biomasse
- Installation solaire photovoltaïque 45KV

Système de chauffage

- Géothermie (pompe géothermique réversible eau-eau d'une puissance nominale de 57,36 kW de chaleur, 73,8 kW de froid, un COP de 3,18 et un EER de 4,99 ; 15 sondes géothermiques en double U de polyéthylène de 100m avec solution eau/glycol)
- Biomasse (chaudière à biomasse, pellets, puissance nominale 220kW, modulaire)

Système de production d'eau chaude sanitaire

- Chaudière à biomasse indiquée pour le chauffage.
- Système d'accumulation de 200L, avec système de régulation automatique et vanne thermostatique pour la distribution

Système de refroidissement

- Géothermie. Climatiseurs avec unités d'air.
- Sol rayonnant et rafraîchissant

Système de ventilation

- Climatisation avec une batterie froid/chaud, free-cooling, boîte de mélange, récupération d'énergie, refroidissement adiabatique, filtres et pré-installation pour les systèmes de dessiccation.
- Conduits de climatisation dans les zones internes et tôle d'aluminium à l'extérieur.
- Diffusion par des diffuseurs rotatifs et des grilles. Le débit de chaque pièce est réglable par des registres à débit variable.

7. EXEMPLES

7.1 CARTIF III (Valladolid, Espagne, 2011)

Données constructives

MUR

- Sous-sol : Béton armé H25 200mm avec polystyrène (EPS) 20mm. $U=0,207$ [W/m².K]
- Façade SO et SE : thermo argile (300x140x190mm) ; laine minérale 50mm ; panneaux en aluminium. $U=0,452$ [W/m².K]
- Façade SE : Béton ; isolation EPS 50mm ; argile thermique (300x140x190) ; panneaux de pierre naturelle. $U=0,453$ [W/m².K]

PLAFOND: toit plat inversé : $U=0,339$ [W/m².K]

- Plaque alvéolaire forgée avec couche de compression (25+10)
- Béton allégé pour la formation des pentes.
- Feuille d'étanchéité en PVC P 1,2mm
- Feuille rigide à rainures et languettes en polystyrène extrudé 3cm (0,034W/m.K)
- Dalle de béton poreux : béton $e=4$ cm + isolation en polystyrène extrudé $e=5$ cm (0,034 W/m.K)

TERRAIN

- Sous-sol : béton 40/80 mm ; feuille de polyéthylène1mm ; dalle de béton armé HA-25, 200mm. $U= 0,64$ [W/m².K]
- Intérieur : carreaux de grès compact ; mortier-colle ; couche d'égalisation. $U= 0,81$ [W/m².K]

CARPENTRES

- Mur-rideau : double vitrage avec chambre à air (6/12/6). $U=1 517$ [W/m².K]
- Bureaux : aluminium à rupture thermique. $U= 1 995$ [W/m².K]

7. EXEMPLES

7.2. Maison passive Ebner (Autriche 2014)



DONNÉES PRINCIPALES

- Logement à usage résidentiel
- Zone : 160 m² de surface utile, 216 m² de surface totale
- Coût du logement : 300.000€ (1.875 €/m² par surface utile de plancher)
- Déboursement de la subvention du gouvernement de Styrie, y compris une prime pour la construction d'une maison passive
- Amélioration de 42% de la demande énergétique par rapport aux exigences fixées par l'OIB (Institut autrichien d'ingénierie de la construction) en 2011
- 48% de l'énergie finale couverte par les énergies renouvelables
- Systèmes inclus:
 - Chaudière à pellets
 - Système de ventilation mécanique avec récupération de chaleur de 86%.
 - Demande d'eau chaude sanitaire couverte principalement par l'énergie solaire thermique

7. EXEMPLES

7.2. Maison passive Ebner (Austria 2014)

DONNÉES CONSTRUCTIVES

Utilisation principale de matériaux de construction écologiques dans l'enveloppe des bâtiments :

MUR

- Murs et toit formés par des boules de paille de 70 cm entre des cadres en bois (U=0,065 W/m²K)

COUVERTURE ET SOL

- Plancher formé de mousse de verre remplie de gravier sous une dalle en béton
- La toiture a un coefficient de transmission thermique de U=0,065 W/m²K
- Forgeage du premier étage (U=0,11W/m²K)

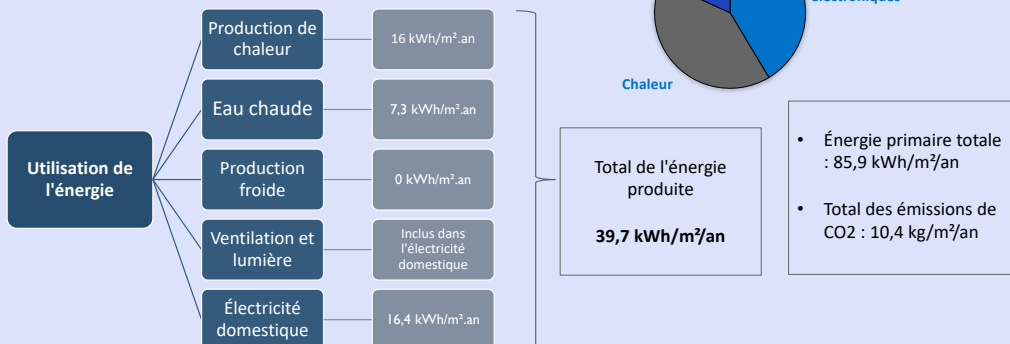
FENÊTRES

- Fenêtres à triple vitrage (U=0,86 W/ m²-K)

7. EXEMPLES

7.2. Maison passive Ebner (Autriche 2014)

DONNÉES SUR L'ÉNERGIE



8. BIBLIOGRAPHIE

- Directive (UE) 2018/844 du Parlement européen et du Conseil du 30 mai 2018 modifiant la directive 2010/31/UE sur la performance énergétique des bâtiments et la directive 2012/27/UE sur l'efficacité énergétique (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32018L0844>)
- Manuel d'AEICE: Manual de consumo Energético Casi Nulo
- Rapport détaillé d'une sélection d'exemples de bâtiments à consommation d'énergie quasi nulle
- Définitions et activité politique sur les bâtiments à énergie zéro - Groupe de travail sur l'efficacité énergétique des bâtiments de l'IPEEC (2018)
- USGBC (United States Green Building Council) ASMT
- DENA (Agence allemande de l'énergie)
- Définitions des bâtiments à énergie quasi nulle en Europe - Buildings Performance Institute Europe (BPIE) (2015)
- Actif pour plus de confort : Maison passive - Institut de la maison passive (2018)

CHAPITRE III: ÉTUDES DE CAS



EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE ET CONSTRUCTION DURABLE

RESSOURCES ÉDUCATIVES OUVERTES DE CONDAP

ETUDES DE CAS

ETUDE DE CAS 1

Mesures visant à réduire la consommation énergétique des logements et à améliorer l'efficacité énergétique d'une maison individuelle en fonction de son emplacement.

ÉTUDE DE CAS 1

- **Nous allons concevoir une maison unifamiliale en tenant compte de tous les paramètres expliqués dans les notes de cours.**
- **Lieux:**
 - Valence (Espagne)
 - Vilnius (Lituanie)
 - Bruxelles (Belgique)
- **Pour chaque lieu il est tenu d'obtenir :**
 - Les exigences requises pour la zone climatique selon la directive 2010/31/UE
 - Données climatologiques du PVGIS
 - La meilleure orientation (maison et panneaux solaires)
 - Autres mesures passives
 - Mesures actives

ÉTUDE DE CAS 1

- Les exigences requises pour la zone climatique selon la directive 2010/31/UE

	Zone climatique	Demande d'énergie
Valence (Espagne)		
Vilnius (Lituanie)		
Bruxelles (Belgique)		

- Données climatologiques du PVGIS

	Température max, annuelle	Température min. annuelle	Irradiation horizontale maximale globale	Irradiation horizontale minimale globale
Valence (Espagne)				
Vilnius (Lituanie)				
Bruxelles (Belgique)				

- La meilleure orientation

Valence (Espagne)	Vilnius (Lituanie)	Bruxelles (Belgique)

ÉTUDE DE CAS 1

➤ Autres mesures passives

Choisissez et justifiez trois mesures passives pertinentes qui conviennent le mieux à chaque pays

Valence (Espagne)	Vilnius (Lituanie)	Bruxelles (Belgique)

ÉTUDE DE CAS 1

➤ Mesures actives

	Valence (Espagne)	Vilnius (Lituanie)	Bruxelles (Belgique)
Efficacité de l'eau chaude			
Economie de la consommation d'eau			
Système climatique			
Ventilation			
Système de génération			

ÉTUDE DE CAS 1 - SOLUTION

➤ Les exigences requises pour votre zone climatique selon la directive 2010/31/UE

	Zone climatique	Demande d'énergie
Valence (Espagne)	Zone méditerranéenne	0-15 kWh/(m ² /an) d'énergie primaire nette, normalement avec une utilisation d'énergie primaire de 50-65 kWh/(m ² /an).
Vilnius (Lituanie)	Zone continentale	20-40 kWh/(m ² /an) d'énergie primaire nette, normalement avec une utilisation d'énergie primaire de 50-70 kWh/(m ² /an).
Bruxelles (Belgique)	Zone continentale	20-40 kWh/(m ² /an) d'énergie primaire nette, normalement avec une utilisation d'énergie primaire de 50-70 kWh/(m ² /an).

➤ Données climatologiques du PV GIS

	Température max. annuelle	Température min. annuelle	Irradiation horizontale maximale globale (mensuelle)	Irradiation horizontale minimale globale (mensuelle)
Valence (Espagne)	25.8 °C	12°C	235 kWh/m ²	61.1 kWh/m ²
Vilnius (Lituanie)	18.5 °C	-6.2 °C	186 kWh/m ²	8.95 kWh/m ²
Bruxelles (Belgique)	19.5 °C	4.6 °C	162 kWh/m ²	22.1 kWh/m ²

➤ La meilleure orientation

Façade de la maison: sud

	Valence (Espagne)	Vilnius (Lituanie)	Bruxelles (Belgique)
Angle de la pente [°] :	36 (opt)	37 (opt)	37 (opt)
Angle d'azimut [°] :	-1 (opt)	-8 (opt)	-7 (opt)

ÉTUDE DE CAS 1 - SOLUTION

➤ Autres mesures passives – QUESTION OUVERTE

Choisissez et justifiez trois mesures passives pertinentes qui conviennent le mieux à chaque pays

Valence (Espagne)	Vilnius (Lituanie)	Bruxelles (Belgique)
Les murs extérieurs, le toit et le sol doivent avoir une faible transmission thermique si l'on installe des épaisseurs de 15 à 18 cm. On peut utiliser des matériaux tels que le polystyrène expansé (EPS), le polystyrène extrudé (XPS) ou la laine de roche.	La structure du toit est constituée d'une isolation en laine minérale. L'isolation en laine minérale est également utilisée pour isoler les murs et elle a une épaisseur de 35 cm. Le sol est isolé par une couche de mousse de polystyrène extrudé de 33 cm.	Les façades et le toit sont isolés avec 40 cm de polystyrène extrudé, les fondations sont en bois avec un triple vitrage, et un panneau coulissant empêche la surchauffe en été.
L'enceinte doit être aussi étanche que possible en effectuant un test de pression ou test « porte soufflante » qui garantisse un haut niveau d'étanchéité dans le bâtiment.	Les fenêtres dont le coefficient de transmission thermique est compris entre 0,73 et 0,84 W/m ² K (selon la taille des fenêtres) sont installées de manière à respecter les recommandations du concept de maison passive. La protection contre la surchauffe en été est assurée par des volets mobiles et un rideau sur le côté sud du bâtiment.	Il existe de vastes toits verts qui constituent un habitat naturel pour la biodiversité. En plus de cet aspect "vert", les bâtiments répondent à la norme passive. Pour atteindre cette norme, le projet se concentre principalement sur l'isolation. Une isolation de façade de 25 cm, une isolation de toiture de 30 cm et une charpente performante permettent de réduire les pertes de chaleur de 70 %.
La menuiserie est installée avec des performances thermo-acoustiques élevées. Ces produits ont une très faible transmission thermique et sont constitués de verre multicouche rempli de gaz inerte. Le verre est peu émissif pour réfléchir la chaleur à l'intérieur du bâtiment en hiver et la garder à l'extérieur en été. Cela s'applique également à la fabrication d'une serre.	Pour assurer l'étanchéité à l'air du bâtiment, des protections contre le vent sont installées et une paroi intérieure étanche à l'air doit être montée. De plus, le bâtiment doit être inspecté pour détecter les fuites d'air avant l'installation des finitions intérieures. Les endroits de fuites identifiés doivent être scellés.	Le risque de surchauffe est réduit par le placement judicieux de balcons et d'espaces ouverts qui augmentent la vitesse de l'air en forçant la ventilation.

ÉTUDE DE CAS 1 - SOLUTION

➤ Mesures actives - QUESTION OUVERTE

	Valence (Espagne)	Vilnius (Lituanie)	Bruxelles (Belgique)
Efficacité de l'eau chaude	<i>Afin de maintenir l'efficacité de l'eau chaude, on peut utiliser l'isolation des tuyaux ou un circuit de retour pour obtenir un niveau de température acceptable.</i>	<i>On profite de la proximité des systèmes de production et des systèmes de consommation pour garantir l'efficacité de l'eau chaude.</i>	<i>Un circuit de retour est utilisé pour obtenir un niveau de température acceptable concernant l'efficacité de l'eau chaude.</i>
Economie de la consommation d'eau	<i>On peut utiliser des robinets efficaces du style mono-commandé ou à minuterie.</i>	<i>Pour économiser l'eau, on pourrait utiliser des toilettes efficaces comme le système de double chasse ou des robinets efficaces comme les robinets à minuterie.</i>	<i>Afin d'augmenter les économies de consommation d'eau, il est possible d'utiliser des toilettes efficaces comme des systèmes lavabo-toilettes ou des réservoirs à faible volume.</i>
Système climatique	<i>Pour le système climatique, on utilise des ventilo-convecteurs très efficaces.</i>	<i>En ce qui concerne le système climatique, le sol, les murs et le plafond rayonnant pourraient être utilisés pour les systèmes de consommation.</i>	<i>En ce qui concerne le système climatique, on peut utiliser des planchers, des murs, des plafonds rayonnants et des radiateurs à eau.</i>
Ventilation	<i>Le système le plus couramment utilisé est le système B : admission mécanique et extraction naturelle.</i>	<i>En ce qui concerne le système de ventilation, on peut souligner le système C : admission naturelle et extraction mécanique. Ce dispositif chauffe l'air extérieur entrant en utilisant la chaleur extraite de l'air intérieur sortant.</i>	<i>Toutes les maisons doivent avoir une ventilation adéquate car l'air à l'intérieur doit être sain, raison pour laquelle on utilise le système B : admission mécanique et extraction naturelle.</i>
Système de génération	<i>En raison de l'irradiation plus élevée de Valence, on utilise l'énergie solaire thermique pour obtenir de l'eau chaude domestique. On utilise également des pompes à chaleur pour chauffer ou refroidir les pièces.</i>	<i>La biomasse représente la source d'énergie renouvelable la plus courante en Lituanie, la plus grande partie de la biomasse utilisée étant le bois de chauffage.</i>	<i>Les capteurs solaires sont utilisés pour obtenir de l'eau chaude domestique en combinaison avec des chauffe-eau solaires. De plus, les capteurs solaires photovoltaïques transforment directement la lumière en électricité. Étant donné que le soleil ne brille pas à tout moment, il convient soit d'utiliser un système de stockage, soit d'être raccordé au réseau pour assurer un approvisionnement permanent.</i>

ÉTUDE DE CAS 2

Evaluation des différents systèmes photovoltaïques dans le PVGIS en modifiant les paramètres correspondants.

ÉTUDE DE CAS 2

1. Mesures visant à réduire la consommation d'énergie d'une maison individuelle.

- L'objectif de la démarche est de réhabiliter une maison individuelle afin de diminuer sa consommation d'énergie. Les mesures à mettre en œuvre consistent à réduire les charges internes et à fournir de l'électricité par le biais de panneaux solaires.
- Les charges internes sont considérées comme des appareils électroménagers et des dispositifs qui consomment de l'énergie du réseau. Les mesures relatives aux charges internes consistent à sélectionner les appareils les plus efficaces, c'est-à-dire ceux qui consomment le moins d'énergie.
- Le tableau suivant présente les appareils ménagers les plus fréquents dans une maison individuelle au cours d'une journée. Leur consommation d'énergie est également indiquée.

	n°	Puissance (W)	Puissance totale (W)	h/jour	Consommation quotidienne (Wh/jour)
Eclairage : Halogènes (600 lumens)	4	40	160	4	640
TV 26"	1	150	150	4	600
Pompe à chaleur (2,6kW)	1	1000	1000	4	4000
PC Portable	1	65	65	4	260
Réfrigérateur (capacité nette 300L)	1	110	110	24	2640
Machine à laver	1	550	550	1,5	825
Microondes	1	1200	1200	0,1	120
CONSOMMATION TOTALE (Wh/jour)					9085

ÉTUDE DE CAS 2

▪ Doit être calculé :

- Sélection d'équipements plus efficaces (avec une consommation d'énergie plus faible) qui réduisent la consommation du logement. Il est possible que vous trouviez la consommation d'énergie en KWh/an pour certains appareils. Dans ce cas, vous devez répartir sur 365 jours pour calculer la consommation quotidienne et sur 24 pour calculer la puissance.
- La consommation totale afin de comparer sa couverture avec différents paramètres du système photovoltaïque.

	n°	Puissance (W)	Puissance totale (W)	h/jour	Consommation quotidienne (Wh/jour)
Eclairage : Halogènes (600 lumens)	4			4	
TV 26"	1			4	
Pompe à chaleur (2,6kW)	1			4	
PC Portable	1			4	
Réfrigérateur (capacité nette 300L)	1			24	
Machine à laver	1			1,5	
Microondes	1			0,1	
CONSOMMATION TOTALE (Wh/jour)					

ÉTUDE DE CAS 2

2. Cas de connexion au réseau

- Choisissez la base de données sur le rayonnement solaire de PVGIS-CMSAF (adaptée aux pays européens) et le silicium cristallin comme technologie photovoltaïque.
- Considérez une puissance photovoltaïque de pointe installée [kWc] de 1,5 kW et 20 % de perte du système.
- Calculez le pourcentage de la demande couverte par jour pendant le mois le plus favorable et le plus défavorable de l'irradiation globale dans les cas suivants :
 - **CAS 1** : Montage fixe et **intégré au bâtiment** (les modules sont entièrement intégrés à la structure du mur ou du toit d'un bâtiment, sans aucun mouvement d'air derrière les modules) avec une pente et un azimut optimisés.
 - **CAS 2** : Montage fixe et **autonome** (les modules sont montés sur un rack avec une circulation d'air libre derrière les modules, ce qui réduit les pertes dues à la température) avec une pente et un azimut optimisés.
 - **CAS 3** : Montage avec axe incliné optimisé **avec suivi**.
- Calculez le coût de l'électricité photovoltaïque [par kWh] en considérant un coût de système photovoltaïque installé de 1€/W et d'une durée de vie de 25 ans. Notez 1 % d'intérêt à considérer pour la maintenance du système.

ÉTUDE DE CAS 2

2. Cas de connexion au réseau

▪ RESULTATS

Valence (Espagne)						
	Production énergétique quotidienne maximale (kWh/jour) ¹⁾	Production énergétique quotidienne minimale (kWh/jour)	Pourcentage maximum de la demande d'énergie couverte ²⁾	Pourcentage minimum de la demande d'énergie couverte	Production annuelle d'énergie photovoltaïque (kWh)	Coût de l'électricité photovoltaïque (€/kWh)
CAS 1						
CAS 2						
CAS 3						-

- 1) Pour calculer la production énergétique quotidienne à partir de la production énergétique mensuelle, il faut diviser par le nombre de jours du mois en question.
- 2) Pour calculer le pourcentage de la demande d'énergie couverte, divisez la consommation totale par jour par le rendement énergétique quotidien

ÉTUDE DE CAS 2

2. Cas de connexion au réseau

Bruxelles (Belgique)

	Production énergétique quotidienne maximale (kWh/jour) ¹⁾	Production énergétique quotidienne minimale (kWh/jour)	Pourcentage maximum de la demande d'énergie couverte ²⁾	Pourcentage minimum de la demande d'énergie couverte	Production annuelle d'énergie photovoltaïque (kWh)	Coût de l'électricité photovoltaïque (€/kWh)
CAS 1						
CAS 2						
CAS 3						-

Vilnius (Lituanie)

	Production énergétique quotidienne maximale (kWh/jour) ¹⁾	Production énergétique quotidienne minimale (kWh/jour)	Pourcentage maximum de la demande d'énergie couverte ²⁾	Pourcentage minimum de la demande d'énergie couverte	Production annuelle d'énergie photovoltaïque (kWh)	Coût de l'électricité photovoltaïque (€/kWh)
CAS 1						
CAS 2						
CAS 3						-

ÉTUDE DE CAS 2

2. Cas de connexion au réseau

▪ QUESTIONS & CONCLUSIONS

- Quelle est la ville la plus et la moins adaptée à notre installation ? Pourquoi ?
- A quoi est due la différence entre les pourcentages de la demande des 3 cas ? Dans quel pays cette différence est-elle la plus pertinente ?
- L'installation photovoltaïque est-elle économiquement rentable si l'on considère une durée de vie de 25 ans pour les panneaux ? Calculez les années nécessaires pour récupérer l'investissement avec l'économie d'énergie dans le CAS 1 en tenant compte de l'hypothèse suivante :
 - Prix de l'électricité (taxes comprises) pour les ménages dans l'UE, premier semestre 2019 : Espagne (0,2403€/kWh), Belgique (0,2839€/kWh) et Lituanie (0,1255€/kWh).
 - Le même prix de notre installation installée 1€/W sans les frais de maintenance associés.
 - La consommation d'énergie est de 5,5 kWh/jour en permanence pour tous les jours de l'année.

ÉTUDE DE CAS 2 - **SOLUTION**

- Il s'agit d'une question ouverte, mais les économies d'énergie devraient être de l'ordre de 30 à 50 %.

	n°	Puissance (W)	Puissance totale (W)	h/jour	Consommation quotidienne (Wh/jour)
Eclairage : Halogènes (600 lumens)	4	6	24	4	96
TV 26"	1	36	36	4	144
Pompe à chaleur (2,6kW)	1	700	700	4	2800
PC Portable	1	40	40	4	160
Réfrigérateur (capacité nette 300L)	1	70	70	24	1680
Machine à laver 6kg	1	450	450	1,5	675
Microondes avec grill	1	800	800	0,1	80
CONSOMMATION TOTALE (Wh/jour)					5635

ÉTUDE DE CAS 2 - **SOLUTION**

		Production énergétique quotidienne maximale (kWh/jour)	Production énergétique quotidienne minimale (kWh/jour)	Pourcentage maximum de la demande d'énergie couverte *	Pourcentage minimum de la demande d'énergie couverte *	Production annuelle d'énergie photovoltaïque (kWh)	Coût de l'électricité photovoltaïque (€/kWh)
Valence (Espagne)	CAS 1	6,935	4,387	123,1%	77,9%	2150	0,046
	CAS 2	7,258	4,548	128,8%	80,7%	2240	0,044
	CAS 3	10,516	5,548	186,6%	98,5%	2970	-
Bruxelles (Belgique)	CAS 1	5,613	1,239	99,6%	22,0%	1360	0,072
	CAS 2	5,839	1,261	103,6%	22,4%	1400	0,070
	CAS 3	7,58	1,442	134,5%	25,6%	1790	-
Vilnius (Lituanie)	CAS 1	5,645	0,494	100,2%	8,8%	1220	0,080
	CAS 2	5,871	0,5	104,2%	8,9%	1260	0,078
	CAS 3	7,903	0,558	140,2%	9,9%	1620	-

*Ces valeurs dépendent de l'économie d'énergie réalisée, elles peuvent donc être un peu plus ou moins élevées

ÉTUDE DE CAS 2 - SOLUTION

2. Cas de connexion au réseau

▪ QUESTIONS & CONCLUSIONS

➤ Quelle est la ville la plus et la moins adaptée à notre installation ? Pourquoi ?

Valence est la plus appropriée parce qu'elle a les meilleures conditions météorologiques et la moins appropriée est Vilnius parce qu'elle a les pires conditions météorologiques.

➤ A quoi est due la différence entre les pourcentages de la demande des 3 cas ? Dans quel pays cette différence est-elle la plus pertinente ?

Le montage le moins efficace est le montage intégré au bâtiment (CAS 1) en raison des pertes thermiques et de l'incapacité à modifier l'inclinaison des panneaux, tandis que le montage à suivi est le plus efficace en raison de la possibilité de capturer davantage de rayonnement solaire. Le montage indépendant est un cas intermédiaire. La différence entre la couverture maximale et minimale est plus notable lorsque l'on s'éloigne de l'Équateur (en raison de la sphéricité de la Terre quant à son inclinaison par rapport au Soleil) ; par conséquent, en Lituanie, la différence est plus importante que dans les autres pays et les panneaux solaires sont donc moins rentables.

ÉTUDE DE CAS 2 - SOLUTION

2. Cas de connexion au réseau

▪ QUESTIONS & CONCLUSIONS

➤ L'installation est-elle économiquement rentable si l'on considère une durée de vie de 25 ans pour les panneaux ?

▪ Argent économisé par an = Consommation d'énergie par jour × Jours à l'année × (Prix du réseau - Prix du système PV cas 1)

▪ Années pour réaliser l'investissement = $\frac{\text{Coût du système photovoltaïque}}{\text{Argent épargné par an}}$

➤ Valence: $5,5 \text{ kWh/jour} \times 365 \text{ jours/an} \times (0,2403 \text{ €/kWh} - 0,046 \text{ €/kWh}) = 390 \text{ € économisés/an}$
 ▪ Années pour réaliser l'investissement = $1500 \text{ €} / 390 \text{ €} = 3,846 \text{ ans}$

➤ Bruxelles: $5,5 \text{ kWh/jour} \times 365 \text{ jours/an} \times (0,2839 \text{ €/kWh} - 0,072 \text{ €/kWh}) = 425,4 \text{ € économisés/an}$
 ▪ Années pour réaliser l'investissement = $1500 \text{ €} / 390 \text{ €} = 3,526 \text{ ans}$

➤ Vilnius: $5,5 \text{ kWh/jour} \times 365 \text{ jours/an} \times (0,1255 \text{ €/kWh} - 0,080 \text{ €/kWh}) = 91,341 \text{ € économisés/an}$
 ▪ Années pour réaliser l'investissement = $1500 \text{ €} / 91,341 \text{ €} = 16,422 \text{ ans}$

ÉTUDE DE CAS 3

Calcul de la chaleur transmise à travers un mur et des économies d'énergie correspondantes.

ÉTUDE DE CAS 3

CAS 3.1.

Le mur d'une maison est constitué d'une couche extérieure de briques de 10 cm d'épaisseur ($k_3 = 0,69 \text{ W/m}\cdot\text{°C}$), suivie d'une couche de revêtement de 1,25 cm d'épaisseur ($k_2 = 0,048 \text{ W/m}\cdot\text{°C}$). Le mur intérieur est constitué d'une couche de 1,25 cm d'épaisseur ($k_1 = 0,744 \text{ W/m}\cdot\text{°C}$), qui est séparée du revêtement par une couche d'air de 10 cm d'épaisseur. La conductivité de la couche d'air est de $0,024 \text{ W/m}\cdot\text{°C}$.

La température de la brique extérieure est de 5 °C , tandis que la surface intérieure reste à 20 °C .

1. Quel est le taux de perte de chaleur par unité de surface de mur ?



ÉTUDE DE CAS 3

CAS 3.2.

- Des années plus tard, certains changements sont apportés aux murs :
- La couche extérieure des briques reste inchangée avec une épaisseur de 10 cm et $k = 0,69 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$.
- La couche de revêtement se transforme en un autre matériau dont la conductivité est $k = 0,035 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$ et son épaisseur reste inchangée.
- La couche intérieure se transforme également en un autre matériau dont la conductivité est $k = 0,65 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$ et dont la couche de 1,30 cm d'épaisseur est séparée de la couche de revêtement par une couche d'air de 10 cm. La conductivité de la couche d'air est de $0,024 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$.
- La température extérieure et intérieure restent inchangées.

2. Quel est le nouveau taux de perte de chaleur par unité de surface de mur ? L'isolation des murs s'est-elle améliorée ou détériorée ? Quelle est la raison de cette différence ?

ÉTUDE DE CAS 3

CAS 3.3.

Afin d'améliorer l'étanchéité des murs, on introduit le polystyrène expansé comme matériau isolant dont la conductivité est de $k = 0,032 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$ et dont l'épaisseur est de 6 cm.

3. Avec les données de l'exercice précédent et les nouvelles données : Qu'arrivera-t-il au taux de perte de chaleur ? Quelle sera sa nouvelle valeur ? Dans ce cas, l'énergie serait-elle économisée dans la maison ?

ÉTUDE DE CAS 3 - SOLUTION

CAS 3.1.

1. Quel est le taux de perte de chaleur par unité de surface de mur ?

Dans le but de calculer le transfert de chaleur à travers le mur, on peut l'exprimer avec la "loi de Fourier" :

$$Q = U \cdot A \cdot dT = \left(\frac{1}{R}\right) \cdot A \cdot dT$$

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{\frac{s_1}{k_1} + \frac{s_2}{k_2} + \frac{s_3}{k_3}}$$

$q = \left(\frac{Q}{A}\right)$ Transfert de chaleur par unité de surface $\left(\frac{W}{m^2}\right), \left(\frac{J}{m^2 \cdot s}\right)$

k = Conductivité thermique totale du matériau $\left(\frac{W}{m \cdot K}\right)$

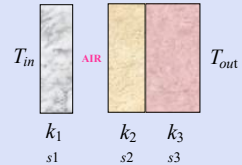
s = épaisseur du matériau (m)

A = zone de transfert de chaleur (m^2)

$R = \frac{s}{k}$ = Résistance thermique $\left(\frac{m^2 \cdot K}{W}\right)$

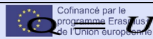
U = Coefficient de transfert de chaleur ou de transmission thermique $\left(\frac{W}{m^2 \cdot K}\right)$

$dT = T_1 - T_2$ = gradient de température - différence sur le matériau ($^{\circ}C, ^{\circ}F$)



Grâce aux données fournies par l'exercice, il est possible d'identifier :

- **Mur intérieur:** $k_1 = 0,744 \text{ W/m} \cdot ^{\circ}\text{C}$, $s_1 = 1,25 \text{ cm}$.
- **Couche d'air:** $k_{air} = 0,024 \text{ W/m} \cdot ^{\circ}\text{C}$, $s_{air} = 10 \text{ cm}$.
- **Couche de revêtement:** $k_2 = 0,048 \text{ W/m} \cdot ^{\circ}\text{C}$, $s_2 = 1,25 \text{ cm}$.
- **Couche extérieure:** $k_3 = 0,69 \text{ W/m} \cdot ^{\circ}\text{C}$, $s_3 = 10 \text{ cm}$.
- **Température intérieure:** $T_{in} = 20 ^{\circ}\text{C}$.
- **Température extérieure:** $T_{out} = 5 ^{\circ}\text{C}$.



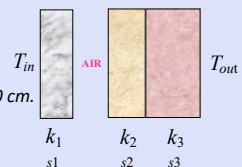
$$Q = U \cdot A \cdot dT = \left(\frac{1}{R}\right) \cdot A \cdot dT$$

ÉTUDE DE CAS 3 - SOLUTION

CAS 3.1.

1. Quel est le taux de perte de chaleur par unité de surface de mur ?

- **Mur intérieur:** $k_1 = 0,744 \text{ W/m} \cdot ^{\circ}\text{C}$, $s_1 = 1,25 \text{ cm}$.
- **Couche d'air:** $k_{air} = 0,024 \text{ W/m} \cdot ^{\circ}\text{C}$, $s_{air} = 10 \text{ cm}$.
- **Couche de revêtement:** $k_2 = 0,048 \text{ W/m} \cdot ^{\circ}\text{C}$, $s_2 = 1,25 \text{ cm}$.
- **Couche extérieure:** $k_3 = 0,69 \text{ W/m} \cdot ^{\circ}\text{C}$, $s_3 = 10 \text{ cm}$.
- **Température intérieure:** $T_{in} = 20 ^{\circ}\text{C}$.
- **Température extérieure:** $T_{out} = 5 ^{\circ}\text{C}$.



Afin de calculer la perte de chaleur par unité de surface, en utilisant l'équation de Fourier et les données fournies :

$$Q = U \cdot A \cdot dT = \left(\frac{1}{R}\right) \cdot A \cdot dT \quad \longrightarrow \quad q = \frac{Q}{A} = \left(\frac{1}{R}\right) \cdot dT = \left(\frac{1}{s}\right) \cdot (T_1 - T_2)$$

$$q = \frac{Q}{A} = \left(\frac{1}{\frac{0,0125}{0,744} + \frac{0,1}{0,024} + \frac{0,0125}{0,048} + \frac{0,1}{0,69}}\right) \left(\frac{W}{m^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}\right) \cdot (20 - 5)(^{\circ}\text{C}) = 0,218 \cdot 15 = 3,27 \left(\frac{W}{m^2}\right)$$

Le taux de perte de chaleur par unité de surface obtenu est de $3,27 \left(\frac{W}{m^2}\right)$

ÉTUDE DE CAS 3 - SOLUTION

CAS 3.2.

2. Quel est le nouveau taux de perte de chaleur par unité de surface de mur ? L'isolation des murs s'est-elle améliorée ou détériorée ? Quelle est la raison de cette différence ?

Tout d'abord, pour calculer le nouveau taux de perte de chaleur par unité de surface de mur, il faut rassembler les données fournies. Les nouvelles sont de couleur rouge :

- **Mur intérieur:** $k_1 = 0,65 \text{ W/m} \cdot \text{°C}$, $s_1 = 1,30 \text{ cm}$.
- **Couche d'air:** $k_{air} = 0,024 \text{ W/m} \cdot \text{°C}$, $s_{air} = 10 \text{ cm}$.
- **Couche de revêtement:** $k_2 = 0,035 \text{ W/m} \cdot \text{°C}$, $s_2 = 1,25 \text{ cm}$.
- **Couche extérieure:** $k_3 = 0,69 \text{ W/m} \cdot \text{°C}$, $s_3 = 10 \text{ cm}$.
- **Température intérieure:** $T_{in} = 20 \text{ °C}$.
- **Température extérieure:** $T_{out} = 5 \text{ °C}$.

Ensuite, la perte de chaleur par unité de surface, en utilisant l'équation de Fourier et les données fournies :

$$q = \frac{Q}{A} = \left(\frac{1}{R}\right) \cdot dT = \left(\frac{1}{s}\right) \cdot (T_1 - T_2) \rightarrow q = \frac{Q}{A} = \left(\frac{1}{\frac{0,0130}{0,65} + \frac{0,1}{0,024} + \frac{0,0125}{0,035} + \frac{0,1}{0,69}}\right) \left(\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{°C}}\right) \cdot (20 - 5) (\text{°C}) = 0,213 \cdot 15 = 3,19 \left(\frac{\text{W}}{\text{m}^2}\right)$$

Le nouveau taux de perte de chaleur par unité de surface obtenue est de $3,19 \left(\frac{\text{W}}{\text{m}^2}\right)$. Cela signifie que l'isolation des murs s'est améliorée grâce au fait que la conductivité de deux couches (intérieure et revêtement) a diminué et que l'épaisseur de la paroi intérieure a augmenté. De ce fait, la diminution de la conductivité du mur et l'augmentation de son épaisseur améliorent l'isolation du mur et, par conséquent, la maison économise de l'énergie thermique.

ÉTUDE DE CAS 3 - SOLUTION

CAS 3.3.

Afin d'améliorer l'étanchéité des murs est introduit le polystyrène expansé comme matériau isolant dont la conductivité est $k = 0,032 \text{ W/m} \cdot \text{°C}$.

3. Avec les données de l'exercice précédent et du nouvel exercice : Quelle serait l'épaisseur de cette couche de polystyrène si la perte de chaleur souhaitable est d'environ $q = 7,5 \left(\frac{\text{W}}{\text{m}^2}\right)$?

En premier lieu, il faut recueillir les données fournies. Les nouvelles sont de couleur rouge :

- **Mur intérieur:** $k_1 = 0,65 \text{ W/m} \cdot \text{°C}$, $s_1 = 1,30 \text{ cm}$.
- **Couche d'air:** $k_{air} = 0,024 \text{ W/m} \cdot \text{°C}$, $s_{air} = 10 \text{ cm}$.
- **Couche de revêtement:** $k_2 = 0,035 \text{ W/m} \cdot \text{°C}$, $s_2 = 1,25 \text{ cm}$.
- **Couche de polystyrène :** $k_4 = 0,032 \text{ W/m} \cdot \text{°C}$, $s_4 = ?$
- **Couche extérieure:** $k_3 = 0,69 \text{ W/m} \cdot \text{°C}$, $s_3 = 10 \text{ cm}$.
- **Température intérieure:** $T_{in} = 20 \text{ °C}$.
- **Température extérieure:** $T_{out} = 5 \text{ °C}$.
- **Taux de perte de chaleur par unité de surface :** $q = 7,5 \left(\frac{\text{W}}{\text{m}^2}\right)$

$$\frac{Q}{A} = \left(\frac{k}{s}\right) \cdot dT = U \cdot (T_1 - T_2) \rightarrow q = \frac{Q}{A} = \left(\frac{1}{\frac{s_1}{k_1} + \frac{s_{air}}{k_{air}} + \frac{s_2}{k_2} + \frac{s_3}{k_3} + \frac{s_4}{k_4}}\right) \cdot (T_1 - T_2) \rightarrow s_4 = k_4 \cdot \left[\left(\frac{T_1 - T_2}{q}\right) - \frac{s_1}{k_1} - \frac{s_2}{k_2} - \frac{s_{air}}{k_{air}} - \frac{s_3}{k_3}\right]$$

ÉTUDE DE CAS 3 - SOLUTION

CAS 3.3.

Afin d'améliorer l'étanchéité des murs est introduit le polystyrène expansé comme matériau isolant dont la conductivité est $k = 0,032 \text{ W/m}\cdot\text{°C}$.

3. Avec les données de l'exercice précédent et du nouvel exercice : Quelle serait l'épaisseur de cette couche de polystyrène si la perte de chaleur souhaitable est d'environ $q = 7,5 \left(\frac{\text{W}}{\text{m}^2}\right)$?

En entrant les données dans la formule précédente :

$$s_4 = k_4 \cdot \left[\left(\frac{T_1 - T_2}{q} \right) - \frac{s_1}{k_1} - \frac{s_2}{k_2} - \frac{s_{\text{air}}}{k_{\text{air}}} - \frac{s_3}{k_3} \right] \rightarrow s_4 = 0,032 \cdot \left[\left(\frac{20 - 5}{2,5} \right) - \frac{0,013}{0,65} - \frac{0,0125}{0,035} - \frac{0,1}{0,024} - \frac{0,1}{0,69} \right] = 0,04 \text{ m}$$

Enfin, on obtient l'épaisseur nécessaire pour obtenir une perte de chaleur de $7,5 \left(\frac{\text{W}}{\text{m}^2}\right)$. La valeur de cette couche de polystyrène est d'environ 4 cm d'épaisseur.

CHAPITRE IV:
EXERCICES

4.1. QUESTIONS À CHOIX MULTIPLES

[1] Indiquez lesquelles de ces propositions ne sont PAS approuvées par le Parlement européen:

- a. Communautés d'autoconsommation et d'énergie
- b. Obligation d'augmenter l'efficacité énergétique de 15% d'ici 2050
- c. Atteindre un quota de 35% d'énergies renouvelables d'ici 2030

[2] L'obtention d'un certificat d'efficacité énergétique est l'un des critères d'incitation financière pour la restauration de bâtiments qui améliorent l'efficacité énergétique ou les économies d'énergie.

- a. Il est nécessaire de comparer les certificats délivrés avant et après la réforme pour constater l'amélioration
- b. Correct
- c. Ce certificat n'est pas nécessaire

[3] Selon la directive 2010/31/UE, dans quelle zone climatique les exigences de consommation d'énergie doivent être comprises entre 20-30 kWh/(m²/an) d'énergie primaire nette dans les bureaux, normalement avec une utilisation d'énergie primaire de 80 à 90 kWh/(m²/an) couverte par 60 kWh/(m²/an) provenant de sources renouvelables sur le site:

- a. Zone continentale
- b. Zone océanique
- c. Zone méditerranéenne

[4] Selon la directive 2010/31/UE, dans quelle zone climatique la demande de consommation énergétique du logement doit être comprise entre 20 et 40 kWh/(m²/an) d'énergie primaire nette, normalement avec une utilisation d'énergie primaire de 50 à 70 kWh/(m²/an) couverte par 30 kWh/(m²/an) provenant de sources renouvelables sur le site:

- a. Zone continentale
- b. Zone océanique
- c. Zone méditerranéenne

[5] Complétez la phrase ci-dessous avec les options suivantes:

" _____ sont des bâtiments ayant un très haut niveau d'efficacité énergétique. La quantité d'énergie requise, presque nulle ou très

faible, devrait être couverte, pour l'essentiel, par de l'énergie provenant de sources renouvelables, y compris de l'énergie provenant de sources renouvelables produite sur place ou dans l'environnement."

- a. Bâtiments durables
- b. Des bâtiments à consommation quasi nulle**
- c. Bâtiments à haut rendement énergétique

[6] Les stratégies de mise en œuvre de la construction à énergie nette zéro grâce à des machines sont nommées:

- a. Stratégies passives
- b. Stratégies mécaniques
- c. Stratégies actives**

[7] Lorsque nous parlons de solutions bioclimatiques dans la projection du bâtiment, la meilleure orientation est:

- a. Nord
- b. Sud
- c. Dépend de l'hémisphère**

[8] La transmission thermique (U) est une propriété physique de la matière qui mesure la quantité d'énergie qui traverse un élément dans un temps donné, dont les unités dans le système international sont

- a. W/mK
- b. W/m²K**
- c. m²K/W

[9] Choisissez laquelle de ces solutions bioclimatiques n'est PAS une mesure passive pour les bâtiments à consommation quasi nulle:

- a. Les scellés
- b. Isolation acoustique
- c. Isolation hydraulique**

[10] Les vides, tels que les creux, les portes ou les fenêtres, sont les zones les plus sensibles aux pertes de température et d'étanchéité. Parmi les paramètres suivants, lesquels sont utilisés pour les contrôler?

- a. Confort, normes sanitaires, étanchéité, isolation thermique et contrôle solaire
- b. Esthétique, normes sanitaires, étanchéité, isolation thermique et contrôle solaire
- c. Confort, normes sanitaires, étanchéité, isolation thermique et contrôle du vent

[11] Ci-dessous, vous trouverez quelques effets des ponts thermiques, indiquez celui qui est vrai:

- a. Élimine le flux thermique entre l'intérieur et l'extérieur
- b. Danger de condensation et de moisissures
- c. Augmentation de l'humidité relative (en été) à l'intérieur de l'enveloppe thermique

[12] La conception active se concentre sur...

- a. ... le choix et la conception des systèmes de production et de consommation d'électricité directement
- b. ... l'obtention d'un confort intérieur maximal
- c. ...la réduction de l'énergie par la conception architecturale

[13] Précise quel type de système de ventilation est illustré dans l'image suivante

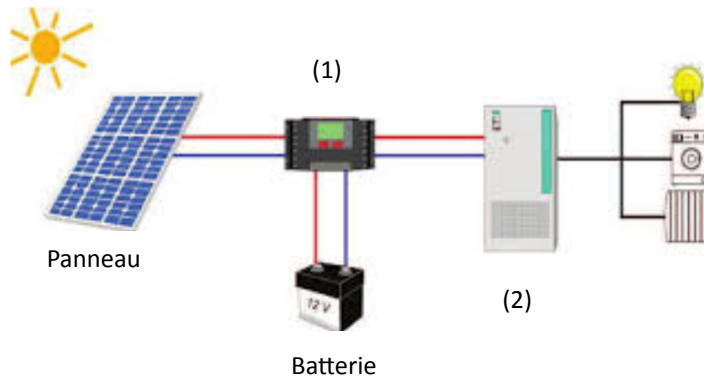


- a. Entrée naturelle et extraction mécanique
- b. Entrée naturelle et extraction naturelle
- c. Admission mécanique décentralisée et extraction mécanique centralisée

[14] Dans un système de ventilation qui permet de relier les conduits d'introduction et d'extraction à un système centralisé qui régule les débits d'entrée et de sortie, fonctionnant de manière équilibrée et permettant la ventilation dans toutes les cabines, ce système de ventilation a :

- a. une admission mécanique centralisée et une extraction mécanique centralisée
- b. une admission mécanique décentralisée et une extraction mécanique centralisée
- c. des entrées mécaniques et une extraction naturelle

[15] Comblez les lacunes avec les options suivantes pour compléter les éléments d'une installation solaire photovoltaïque :



- a. (1) Régulateur de charge (2) Accumulateur
- b. (1) Inverseur (2) Affichage des données
- c. (1) Régulateur de charge (2) Inverseur

[16] Les points suivants décrivent certains avantages de l'installation d'un système de production d'énergie renouvelable:

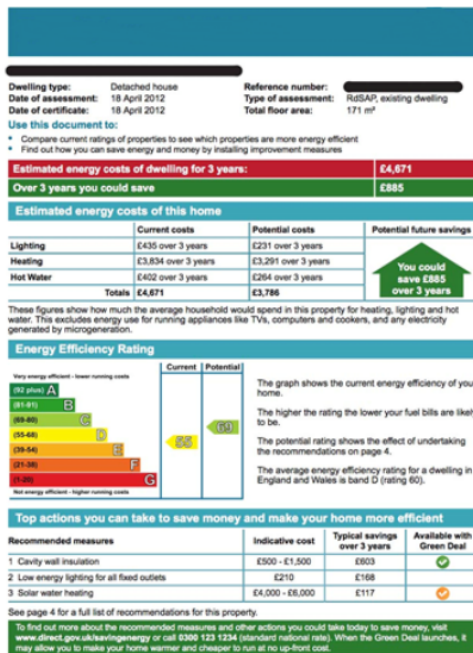
- **Supprimer le problème du CO2, avec des productions à émissions libres ou en respectant leur cycle naturel**
- **Réduire les coûts de transport**

Nous pouvons trouver ces avantages dans :

- a. L'énergie éolienne
- b. L'énergie de la biomasse

c. Les deux sont corrects

[17] L'image de droite montre un exemple de:



- a. Facture d'électricité
- b. Certificat de performance énergétique
- c. Audit énergétique

[18] Vous trouverez ci-dessous les logos de certains des outils logiciels utilisés pour calculer la consommation d'énergie dans les bâtiments



(1)



(2)



(3)

Identifie laquelle des applications des outils logiciels précédents est correcte:

- a. Les principales applications de (2) comprennent : les systèmes solaires, les bâtiments à faible consommation d'énergie et les systèmes de CVC, les systèmes d'énergie renouvelable, la cogénération et les piles à combustible
- b. Le programme (1) calcule les charges de chaleur et de froid nécessaires pour maintenir les conditions de contrôle, les conditions dans l'ensemble du

système de climatisation et des charges, et la consommation d'énergie des équipements

- c. (3) est utilisé par les principales entreprises du secteur pour optimiser l'efficacité énergétique du bâtiment, l'éclairage naturel et le confort

[19] Si l'on parle des principaux outils complémentaires de gestion, on peut dire que:

- a. Le BMS est utilisé pour la gestion des bâtiments et le EMS pour la surveillance des installations énergétiques dans les bâtiments et les industries
- b. L'EMS est utilisé pour la gestion des bâtiments et le BMS est utilisé pour la surveillance des installations énergétiques dans les bâtiments et les industries
- c. Les systèmes BEMS sont nécessaires pour élaborer des certificats énergétiques pour les bâtiments

[20] Indiquez laquelle des phrases suivantes relatives à la gestion à distance de l'énergie est fausse :

- a. Les principaux éléments de la gestion à distance de l'énergie sont le système de surveillance et l'enregistreur de données
- b. La gestion à distance de l'énergie permet d'enregistrer les informations afin d'analyser et d'optimiser
- c. Cette technologie n'est utilisée que pour contrôler le chauffage et l'eau chaude sanitaire

4.2 QUESTIONS À RÉPONSE COURTE

[1] Quel type de bâtiment reflète la complémentarité entre les énergies renouvelables et les mesures d'efficacité?

NZEB (Nearly Zero Energy Building)

[2] L'intégration de solutions bioclimatiques dans la projection du bâtiment ou l'adaptation de solutions bioclimatiques à la conception intérieure du bâtiment sont différentes méthodes à introduire:

Mesures passives dans le NZEB

[3] La laine minérale, le polystyrène expansé ou la vermiculite expansée sont des:

Isolations thermiques

[4] Quel test permet de détecter les infiltrations et le degré d'étanchéité?

Test de pressurisation

[5] La propriété physique des matériaux qui mesure la quantité d'énergie qui traverse un élément dans une unité de temps en W/m^2K est

La transmittance thermique

[6] L'installation de systèmes de consommation plus efficaces, l'introduction de machines de production ou l'exploitation de l'énergie "gratuite" provenant de systèmes d'énergie renouvelable sont des mesures de:

Conception active

[7] Le vent de petite puissance est défini comme "l'utilisation des ressources éoliennes en utilisant des éoliennes d'une puissance inférieure à ___ [kW]":

100kW

[8] Quel type de technologie d'énergie solaire utilise des accumulateurs:

L'énergie solaire thermique

[9] Quel logiciel de référence est capable de simuler des systèmes de transition à

structure modulaire, dont ses applications principales comprennent : les systèmes solaires (systèmes solaires thermiques et photovoltaïques), les bâtiments à faible consommation d'énergie et les systèmes de CVC, les systèmes d'énergie renouvelable, la cogénération, les piles à combustible?

TRNSYS

[10] Quel document a pour but principal de servir d'outil d'information pour les propriétaires, les occupants et les acteurs de l'immobilier? Il peut être un puissant outil de marché pour créer une demande d'efficacité énergétique dans les bâtiments en ciblant ces améliorations comme critère de décision dans les transactions immobilières, et en fournissant des recommandations pour l'amélioration rentable ou optimale de la performance énergétique:

Certification de la performance énergétique (CPE)

[11] Ce système est utilisé pour la surveillance, l'analyse et le contrôle des installations énergétiques dans les bâtiments et les industries:

EMS (système de gestion de l'énergie)

[12] Le dispositif électronique qui est installé dans le tableau électrique des installations à analyser et qui peut être connecté à l'ordinateur personnel ou à un autre dispositif pour visualiser les données enregistrées est un:

Enregistreur de données

4.3. QUESTIONS FRÉQUENTES

[1] A quoi se réfère la consommation d'énergie primaire?

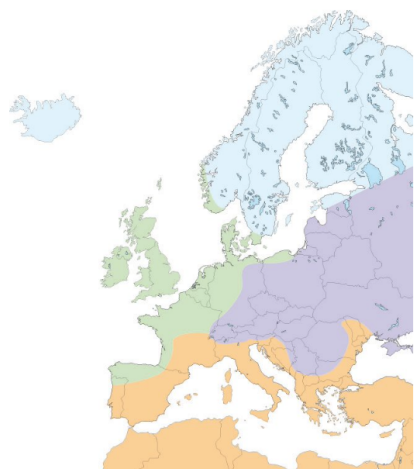
La consommation d'énergie primaire désigne l'utilisation directe à la source, ou la fourniture aux utilisateurs sans transformation, d'énergie brute, c'est-à-dire d'énergie qui n'a pas été soumise à un processus de conversion ou de transformation.

[2] En quoi consiste un audit énergétique?

C'est une enquête d'inspection et une analyse des flux d'énergie dans un bâtiment. Il peut comprendre un processus ou un système visant à réduire la quantité d'énergie entrant dans le système sans affecter négativement la sortie. Dans l'immobilier commercial et industriel, un audit énergétique est la première étape pour identifier les possibilités de réduction des dépenses énergétiques et de l'empreinte carbone.

[3] Comment se présentent les zones climatiques en Europe?

Sur la carte suivante, vous pouvez voir à quelle zone climatique appartient votre région.



Northern European areas	Nordic climate (cold winters and mild humid summers)
Central and Eastern European areas	Eastern-continental climate (cold winters and hot, dry summers)
Western European areas	Oceanic climate (mild winters and humid summers)
Southern European areas and the Middle East	Mediterranean Climate

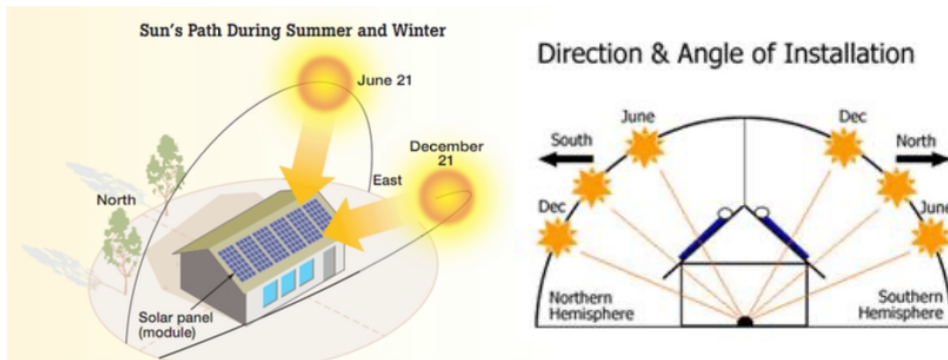
[4] Comment fonctionne la technologie du débit de réfrigérant variable (VRF)?

Dans un système VRF, plusieurs ventilo-convecteurs intérieurs peuvent être connectés à une unité extérieure. L'unité extérieure comporte un ou plusieurs compresseurs qui sont entraînés par un inverseur, de sorte que leur vitesse peut être modifiée en changeant la fréquence de l'alimentation électrique du compresseur. La quantité de réfrigérant fournie par le compresseur varie en fonction de la vitesse de ce dernier.

Chaque ventilo-convecteur intérieur possède son propre dispositif de dosage qui est contrôlé par l'unité intérieure elle-même ou par l'unité extérieure. Comme chaque unité intérieure envoie une demande à l'unité extérieure, cette dernière fournit la quantité de réfrigérant nécessaire pour répondre aux besoins individuels de chaque unité intérieure.

[5] Pourquoi le sud est-il la meilleure orientation pour les panneaux photovoltaïques dans l'hémisphère nord et le nord dans l'hémisphère sud?

L'orientation des panneaux est importante pour capter un maximum de lumière solaire et donc produire un maximum d'énergie. Dans l'hémisphère nord, les toits orientés vers le sud reçoivent le plus de lumière solaire en raison de la trajectoire du soleil tout au long de l'année, et donc le plus d'énergie solaire pendant la journée comme le montre la première image. En revanche, l'inclinaison du soleil par rapport à une maison dans l'hémisphère Sud est inverse, de sorte que les panneaux PV doivent être orientés vers le Nord selon la deuxième image.



[6] Qu'implique un circuit de retour dans un système d'eau chaude domestique?

La présence d'un circuit de retour dans un système d'ECS (eau chaude sanitaire) présente des avantages et des inconvénients. Parmi les avantages, on peut citer, par exemple, le fait qu'il permet de maintenir la température de l'eau de circulation la plus chaude en la renvoyant au réservoir à chaque cycle, qu'il améliore le confort des utilisateurs car ils disposent plus rapidement de l'eau, qu'il permet d'économiser l'énergie et la consommation d'eau car il évite de rejeter l'eau qui avait été chauffée auparavant. Comme inconvénients, l'installation d'un circuit de retour est plus coûteuse et plus complexe à concevoir, elle peut favoriser les processus de corrosion lorsqu'il y a des mélanges de métaux dans les circuits (par exemple, acier galvanisé et cuivre), si elle n'est pas correctement entretenue elle favorise la formation d'un revêtement à base de produits biologiques, la présence d'incrustations calcaires peut réduire la circulation de l'eau et créer des réservoirs d'eau stagnante qui à basse

température présentent des risques élevés. Par conséquent, l'installation d'un circuit de retour est plus coûteuse et plus complexe à concevoir, elle peut favoriser les processus de corrosion lorsqu'il y a des mélanges de métaux dans les circuits (par exemple, l'acier galvanisé et le cuivre), si elle n'est pas correctement entretenue, elle favorise la formation d'un revêtement à base de produits biologiques, la présence d'incrustations calcaires peut réduire la circulation de l'eau et créer des réservoirs d'eau stagnante et à basse température, elle présente des risques élevés.

[7] Qu'est-ce qu'un ventilo-convecteur et comment fonctionne-t-il?

L'équipement du ventilo-convecteur utilise l'eau comme élément de refroidissement. Ces unités reçoivent de l'eau chaude ou froide d'un refroidisseur ou d'une chaudière à distance et la font circuler dans des tubes ou des serpentins. Le ventilateur conduit l'air et le fait passer dans les tubes où circule l'eau, produisant ainsi le transfert de chaleur. Ensuite, l'air passe à travers un filtre et est rendu à la pièce qui est climatisée, sous forme d'air froid ou de chaleur selon les besoins des installations.

[8] Quelle est la différence entre les éoliennes à axe vertical et celles à axe horizontal?

Dans le type d'éolienne à axe vertical, les pales tournent autour d'un axe central vertical, présentant ainsi trois avantages fondamentaux par rapport à celles à axe horizontal :

- Le serrage des lames est facile à concevoir et à exécuter.*
- Aucun système d'orientation n'est nécessaire pour capter l'énergie éolienne.*
- Emplacement facile de la chaîne de traction, du générateur et du transformateur, au niveau du sol.*

On peut dire que la performance des éoliennes à axe vertical est inférieure à la moitié de celle des éoliennes à axe horizontal. Les plus importantes éoliennes à axe vertical sont celles de Darrieus et de Savonius.

Les pales horizontales sont caractérisées par la rotation des pales dans une direction perpendiculaire à la vitesse du vent. Elles sont classées tour à tour en éoliennes lentes et rapides, en fonction de la vitesse de rotation de leurs rotors. Ces éoliennes sont également classées en fonction de la disposition du rotor, en distinguant une disposition au vent (le vent affecte d'abord le rotor puis la tour) ou une disposition sous le vent (le vent affecte d'abord la tour puis le rotor).

La configuration la plus couramment utilisée dans le secteur de l'énergie est la disposition au vent et les rotors à trois pales.

[9] Qu'est-ce que l'énergie renouvelable?

Les énergies renouvelables (sources) ou SER capturent leur énergie à partir des flux d'énergie existants, des processus naturels en cours, tels que le soleil, le vent, les eaux courantes, les processus biologiques et les flux de chaleur géothermique.

L'énergie renouvelable provient d'une ressource énergétique qui est rapidement remplacée par un processus naturel tel que l'énergie produite par le soleil ou le vent.

[10] Que sont les ponts thermiques?

Un pont thermique se produit lorsqu'il y a un vide entre les matériaux et les surfaces structurelles. La chaleur qui s'échappe suit le chemin de moindre résistance. Un pont thermique se produit généralement en cas d'effraction ou de pénétration dans l'enveloppe du bâtiment (par exemple, l'isolation). Les ponts thermiques peuvent être causés par:

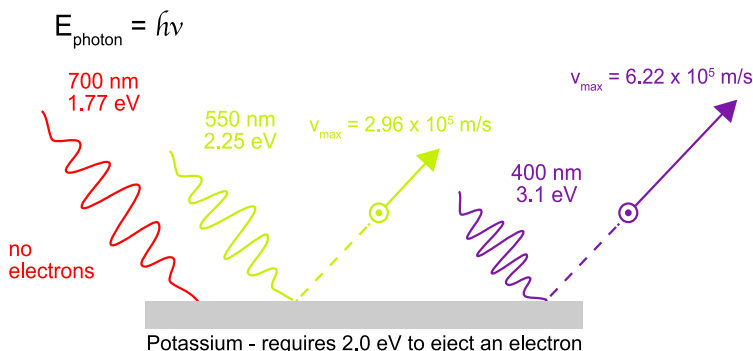
- *Les jonctions entre le mur et le sol.*
- *Les jonctions entre le mur et le toit.*
- *Les trous dans l'enveloppe du bâtiment pour les tuyaux et les câbles*
- *Les fenêtres et les portes.*
- *Les attaches de mur en acier utilisées dans la construction de maçonnerie (par exemple, murs creux).*

Les ponts thermiques doivent être évités autant que possible. Une planification, une conception et une construction appropriées sont essentielles pour aider à identifier les ponts thermiques et à y remédier.

[11] Qu'est-ce que l'effet photoélectrique?

L'effet photoélectrique est un phénomène qui se produit lorsque la lumière projetée sur une surface métallique provoque l'éjection d'électrons de ce métal. Il a été observé que seules certaines fréquences de lumière sont capables de provoquer l'éjection d'électrons. Si la fréquence de la lumière incidente est trop faible (lumière rouge, par exemple), aucun électron n'est éjecté, même si l'intensité de la lumière est très élevée ou si elle a été projetée sur la surface pendant une longue période. Si la fréquence de la lumière est plus élevée (lumière verte, par exemple), des électrons peuvent être éjectés de la surface du métal même si l'intensité de la lumière est très faible ou si elle n'a été éclairée que pendant une courte période. Cette fréquence minimale nécessaire pour provoquer l'éjection d'électrons est appelée fréquence seuil.

Photoelectric effect

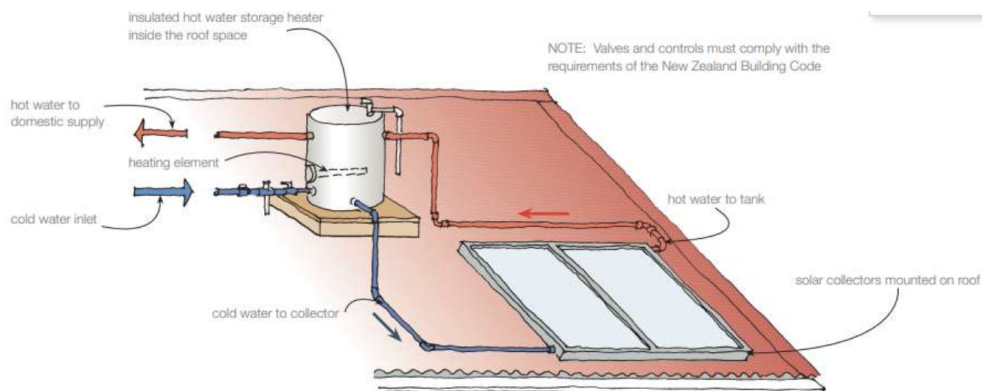


Lorsque la fréquence augmente au-delà du seuil, les électrons éjectés se déplacent simplement plus vite. Une augmentation de l'intensité de la lumière entrante qui dépasse la fréquence seuil entraîne une augmentation du nombre d'électrons éjectés, mais ceux-ci ne se déplacent pas plus vite. L'effet photoélectrique est appliqué dans des dispositifs appelés cellules photoélectriques, que l'on trouve couramment dans les objets de la vie quotidienne comme les panneaux solaires qui utilisent l'énergie de la lumière pour produire de l'électricité.

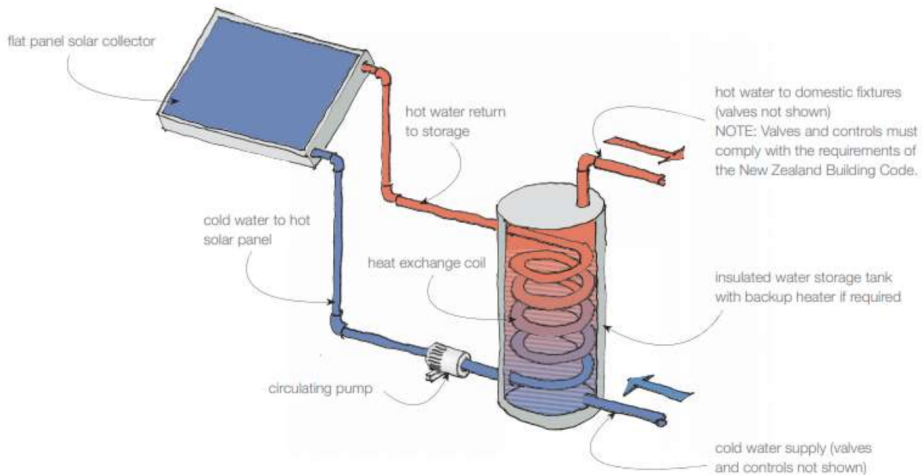
[12] Quelle est la différence entre une boucle ouverte ou fermée dans les panneaux solaires thermiques?

La différence entre un système en boucle ouverte ou fermée de chauffage solaire de l'eau :

- *Circuit ouvert: L'eau potable est chauffée par le soleil dans le collecteur et ensuite, elle est stockée dans le réservoir. L'eau circule en continu dans le collecteur et le réservoir grâce au principe du thermosiphon.*



- *Circuit fermé: L'eau potable est stockée dans le réservoir qui est entouré d'une enveloppe qui est reliée au(x) collecteur(s). Un liquide antigel est chauffé par le soleil, et à nouveau une circulation continue à travers cette enveloppe et le collecteur est "alimenté" par le principe du thermosiphon. La chaleur est transférée du liquide chaud dans l'enveloppe à l'eau potable dans le réservoir.*



Les systèmes en boucle fermée sont légèrement moins efficaces que les systèmes en boucle ouverte car il y a une certaine perte de chaleur à travers l'échangeur de chaleur. Leur avantage est qu'ils peuvent utiliser un fluide résistant au gel et sont donc plus adaptés aux zones exposées au gel.

[13] Quelle est la fonction du régulateur de charge dans les panneaux solaires ? Et la fonction de son inverseur ?

Pour le bon fonctionnement de l'installation, un système de régulation de la charge est utilisé dans la connexion entre les panneaux solaires et les batteries. Sa mission est d'éviter les situations de charge et de décharge excessive de la batterie afin de prolonger sa durée de vie.

D'autre part, un inverseur convertit le courant continu de la batterie en courant alternatif. Le courant alternatif doit être le même que celui utilisé dans le réseau électrique : 220V à 50 Hz. C'est un élément essentiel dans les installations connectées au réseau.

4.4. EXERCICES DE CATÉGORISATION CHRONOMÉTRÉS

Chacun des blocs doit être complété dans un délai maximum d'une heure.

Bloc I - Bâtiment durable (concepts et normes) & Principes d'efficacité énergétique (conception passive)

1- Indique les normes à prendre en compte pour les bâtiments durables en matière d'énergie primaire

- *Dans la plupart des pays, les définitions du NZEB font référence à l'énergie primaire maximale comme l'un des principaux indicateurs.*
- *L'énergie "primaire" ou source comprend toute l'énergie nécessaire à la production, la transmission et la distribution de l'énergie finale, mesurée par les compteurs d'énergie des bâtiments. Dans certains cas (par exemple, aux Pays-Bas et dans la région belge de Flandre), la consommation d'énergie primaire du bâtiment est évaluée au moyen d'un coefficient non dimensionnel, comparant la consommation d'énergie primaire du bâtiment avec un bâtiment "de référence" présentant des caractéristiques similaires (par exemple, la géométrie du bâtiment). Dans plusieurs pays (par exemple au Royaume-Uni, en Norvège et en Espagne), les émissions de carbone sont utilisées comme indicateur principal, tandis que dans d'autres (par exemple en Autriche et en Roumanie), les émissions de carbone sont utilisées comme indicateur complémentaire à la consommation d'énergie primaire*
- *Pour les bâtiments résidentiels, la plupart des juridictions visent une consommation d'énergie primaire inférieure à 50 kWh/m²-y*
- *Pour les bâtiments non résidentiels, les exigences peuvent avoir une portée plus large dans un même pays selon le type de bâtiment*

2- Explique trois solutions bioclimatiques lors de la projection des bâtiments exposés.

La compacité: *La compacité est définie comme le rapport entre la surface de l'enveloppe extérieure et le volume qu'elle renferme. Les grands bâtiments ont tendance à être plus compacts (0,2-0,5 m) et, dans les climats froids, ils ont tendance à avoir une demande énergétique plus faible.*

Les protections solaires: *Le rayonnement solaire, qui est utilisé comme source d'énergie passive pour les bâtiments, est un avantage qui devient un inconvénient en été. Ces protections sont utilisées afin d'obtenir une collecte maximale du rayonnement solaire en hiver et de minimiser la surchauffe en été.*

Toit vert et façades végétales: *La végétation offre une protection contre le vent,*

l'humidification naturelle des espaces et un contrôle solaire, entre autres. Ces solutions contribuent à augmenter l'inertie thermique du toit et des murs, obtenant ainsi une meilleure performance bioclimatique du bâtiment. De plus, elles permettent de récupérer une partie de la végétation qui a été perdue lors de la construction du bâtiment.

Serres et galeries vitrées: *Une serre est un espace vitré qui est attaché à une construction pour en améliorer l'efficacité énergétique. Les serres produisent une surchauffe de l'air en utilisant le rayonnement solaire incident. Cet air chaud peut être introduit dans le bâtiment afin d'augmenter sa température en hiver et, en été, il doit être ventilé pour éviter la surchauffe.*

Ventilation et cheminées solaires: *La ventilation est la stratégie pour les climats chauds et humides. L'air intérieur surchauffé est remplacé par de l'air extérieur plus frais. En augmentant la vitesse de l'air provoquant la ventilation, la sensation de chaleur intérieure est réduite.*

Murs Trombe: *Il s'agit d'un mur vierge orienté, selon l'hémisphère, vers la position du soleil la plus favorable. Pour sa construction, les matériaux utilisés sont ceux qui permettent d'absorber la chaleur sous forme de masse thermique, tels que le béton, la pierre ou l'adobe.*

3- Parmi les facteurs suivants, lesquels doivent être pris en compte concernant les bâtiments durables:

- a) la conception, l'emplacement et l'orientation du bâtiment, à l'exclusion des conditions météorologiques extérieures
- b) L'installation d'éclairage intégrée (en particulier dans le secteur non résidentiel)
- c) Les deux sont corrects

4- "Dans de nombreux cas, l'énergie renouvelable produite sur place suffira à ramener les besoins énergétiques externes à un niveau proche de zéro". Cette phrase est:

- a) C'est vrai, mais seulement si nous utilisons des stratégies actives
- b) C'est vrai, mais seulement si nous utilisons des stratégies passives
- c) Faux dans tous les cas

5- Comment pouvons-nous introduire des mesures passives dans les bâtiments à consommation quasi nulle?

a) Incorporation de solutions bioclimatiques dans la projection du bâtiment

b) Adapter les solutions bioclimatiques à la conception extérieure du bâtiment

c) a) et b) sont vrais

6- PVGIS est une application web qui permet à l'utilisateur d'obtenir des données sur le rayonnement solaire et la production d'énergie des systèmes photovoltaïques (PV), en tout lieu, dans la plupart des régions du monde. Quelles sont les fonctionnalités disponibles dans PVGIS?

a) Isolation

b) Situation

c) Orientation

7- La conductivité thermique (λ) est la capacité à transmettre la chaleur, mesurée par la magnitude connue sous le nom de coefficient de conductivité thermique, dont les unités dans le Système International sont:

a) W/mK

b) W/m²K

c) m²K/W

8- L'épaisseur du matériau dépend du budget et de l'effet d'isolation thermique à obtenir. Si vous voulez un matériau de faible densité, de faible capacité de chauffage et de résistance à la compression acceptable, vous choisirez:

a) Laine minérale (laine de roche)

b) Polystyrène expansé

c) La vermiculite expansée

9- En ce qui concerne l'étanchéité, un maximum de ____ changements d'air par heure à une pression de ____ Pascals (tel que vérifié par un test de pression sur site à la fois dans les états pressurisés et dépressurisés). Remplissez les espaces vides:

a) 0.5 – 100

b) 0.6 – 100

c) 0.6 – 50

10- Un facteur à prendre en compte dans l'isolation acoustique est celui qui améliore l'isolation si un matériau absorbant est placé entre les deux couches. Ce facteur est:

- a) Le facteur "Massy
- b) Facteur multicouche
- c) Facteur de dissipation

11- Les écarts sont définis comme des zones d'enveloppe plus sensibles à la température et aux pertes d'étanchéité; lequel constitue le paramètre le plus important à contrôler :

- a) Isolation thermique et contrôle solaire
- b) Normes sanitaires
- c) Confort

12- Lequel de ces éléments est caractéristique des ponts thermiques intégrés dans les enveloppes :

- a) Piliers intégrés dans des enceintes de façades
- b) Joints de toiture avec les façades
- c) Façades en dalles

Bloc II - Sources d'énergie renouvelables (Conception active)

1. a) Pourquoi l'énergie renouvelable est-elle considérée comme un type de conception active dans un bâtiment ? Veuillez énumérer les différentes sources d'énergie renouvelable utilisées dans un bâtiment et la source naturelle dont est extraite l'énergie.

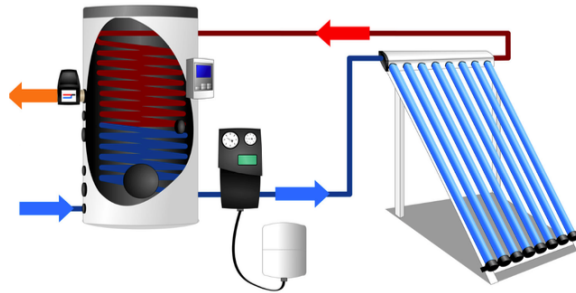
b) En ce qui concerne l'énergie solaire, quelle est la différence entre l'énergie solaire thermique et l'énergie photovoltaïque?

a. L'énergie renouvelable est considérée comme un type de conception active dans un bâtiment car elle est directement axée sur le choix et la conception des systèmes de production et de consommation d'électricité. Elle réduit la consommation d'énergie externe d'un bâtiment en utilisant ses propres systèmes de production.

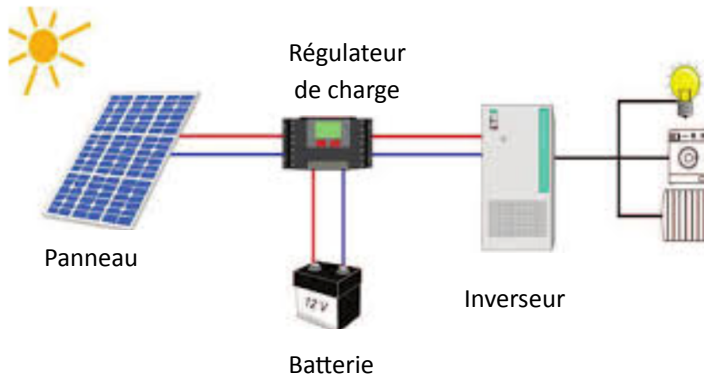
Les différentes sources d'énergie utilisées dans un bâtiment sont les suivantes :

- L'énergie éolienne ou mini-éolienne, qui extrait l'énergie en utilisant des turbines de vent.*
- L'énergie solaire utilise l'énergie du soleil et peut être divisée en deux types selon l'utilisation de l'énergie extraite : solaire thermique ou photovoltaïque.*
- La pompe à chaleur est essentiellement une machine qui transfère la chaleur d'un foyer froid à un foyer chaud. Le foyer froid permet d'utiliser l'énergie contenue dans l'air, le sol ou l'eau afin de chauffer les pièces en utilisant une petite contribution d'énergie électrique, ce qui constitue le principal avantage par rapport aux autres systèmes. Des pompes à chaleur utilisent le sol comme puits de chaleur (géothermie) ou l'air (aérotherme).*
- L'énergie de la biomasse consiste en la combustion de pellets (les plus courants), de briquettes, de bois de chauffage ou de copeaux. Son utilisation est axée sur le chauffage et l'eau chaude sanitaire.*

b. En ce qui concerne l'énergie solaire, le solaire thermique est basé sur l'utilisation du rayonnement solaire pour chauffer un fluide d'échange de chaleur (eau ou huile) qui est transporté vers un accumulateur pour utilisation. Pour ce faire, le système d'absorption est généralement constitué d'éléments pigmentés noirs, qui facilitent l'absorption maximale du rayonnement tandis que les conduits sont isolés thermiquement.



D'autre part, le photovoltaïque solaire est basé sur "l'effet photoélectrique" que possèdent certains matériaux photosensibles, qui sont donc capables d'émettre des électrons lorsqu'ils sont irradiés par le soleil. Les électrons libérés par plusieurs cellules connectées en série sont transformés en un flux de courant continu. Le silicone est le matériau qui se comporte le mieux face à cet effet. Pour améliorer le fonctionnement de ce matériau, la surface est recouverte d'une couche antireflets.



2. Explique les différents types d'éoliennes et les différents systèmes d'exploitation. Quels sont les principaux avantages du mini-éolien?

L'énergie éolienne la plus utilisée dans le bâtiment est le vent de petite puissance, qui est défini comme "l'utilisation des ressources du vent en utilisant des éoliennes d'une puissance inférieure à 100kW".

Il existe différents types d'éoliennes de petite puissance selon l'orientation de leur axe :

- Axe vertical. Les éoliennes à axe vertical les plus importantes sont Darrieus (Axe de levage vertical) et Savonius (Axe de traînée verticale).

- Axe horizontal. Les pales horizontales sont caractérisées par la rotation des pales dans une direction perpendiculaire à la vitesse du vent. Elles sont classées tour à tour en éoliennes lentes et rapides, en fonction de la vitesse de rotation de leurs rotors.

Les installations mini-éoliennes peuvent fournir directement l'électricité produite au réseau ou l'utiliser pour l'autoconsommation :

- **Systèmes connectés au réseau électrique:** les éoliennes sont généralement connectées au réseau électrique lorsque le schéma de paiement est suffisamment intéressant et que les procédures de connexion ne sont pas d'un coût et d'une complexité prohibitifs.
- **Systèmes isolés:** ils sont généralement installés lorsqu'il n'y a pas de point d'installation à proximité du réseau dans le bâtiment, et ils ne sont alimentés qu'en énergie éolienne.

Les principaux avantages sont:

- Production d'énergie sans émission de CO₂ ou d'autres polluants.
- Production locale d'électricité réduisant ou minimisant les pertes énergétiques liées au transport.
- Production d'électricité là où le réseau électrique n'est pas encore en place.
- Production d'électricité avec des vitesses de vent faibles, à partir de 2,50 m/s.

3. En ce qui concerne l'énergie solaire photovoltaïque, lequel de ces éléments ne fait pas partie du système?

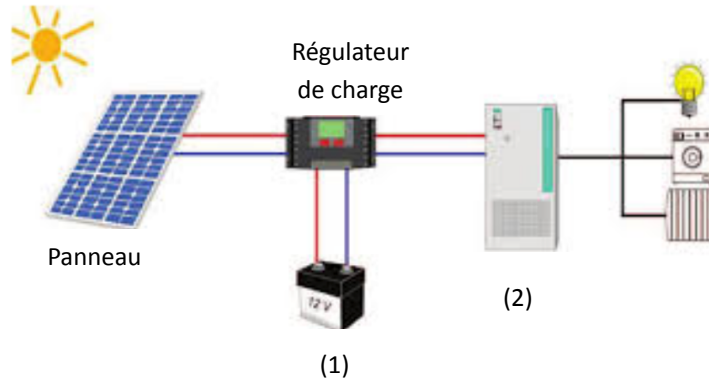
- a) Panneaux
- b) Accumulateurs
- c) Inverseur

4. Remplis les espaces avec les mots manquants.

La pompe à chaleur est essentiellement une machine qui transfère la chaleur d'un foyer froid à un foyer chaud. Le foyer froid permet d'utiliser l'énergie contenue dans __, __ ou ____ afin de chauffer les pièces en utilisant une petite contribution d'énergie électrique.

- a) l'air, le sol ou l'eau
- b) air, feu ou sol
- c) l'air, le charbon ou l'eau

5. Comblez les espaces vides avec les options suivantes pour compléter les éléments d'une installation solaire photovoltaïque:



- a) (1) Inverseur (2) Accumulateur
- b) (1) Enregistreur de données (2) Inverseur
- c) (1) Batterie (2) Inverseur

6. Le logiciel PVGIS permet de calculer la production d'énergie d'un système photovoltaïque (PV), en tout lieu, dans la plupart des régions du monde. Il existe trois types différents de systèmes photovoltaïques. Lequel de ces types n'est pas disponible dans le logiciel?

- a) Performance du suivi photovoltaïque (PV)
- b) Performance des systèmes photovoltaïques hors réseau
- c) Performances des systèmes connectés au réseau avec stockage sur batterie.

7. En ce qui concerne l'énergie solaire thermique, il existe des systèmes de soutien auxiliaires. Lequel d'entre eux n'est pas utilisé à cette fin?

- a) Régulateur de charge
- b) Chaudières à biomasse
- c) Résistances électriques à l'intérieur des accumulateurs

8. À quel type de production d'électricité correspond le diagramme de l'image ci-dessous ?



a) Aérothermie

b) Géothermie

c) Biomasse

9. Quel système de production consiste en la combustion de pellets (les plus courants), de briquettes, de bois de chauffage ou de copeaux et dont l'utilisation est axée sur le chauffage et l'eau chaude sanitaire?

a) La géothermie

b) Le solaire thermique

c) La biomasse

10. Le règlement sur la basse tension établit une puissance éolienne maximale limitée à :

a) 100kW

b) 10kW

c) 500kW

11. En ce qui concerne l'effet photoélectrique, les électrons libérés par plusieurs cellules connectées en série sont transformés en un flux de courant continu. Quel est le matériau qui a le meilleur comportement sur cet effet?

a) Le cuivre

b) Le silicone

c) L'aluminium

12. L'aérothermie est l'énergie stockée sous forme de chaleur dans l'environnement par une pompe à chaleur [1] ou [2].

a) [1] air-air, [2] sol

b) [1] air/eau, [2] sol

c) [1] air à air, [2] air à eau

Bloc III - Cadre juridique européen et certification énergétique

1. Qu'est-ce que le certificat de performance énergétique d'un bâtiment ? Quand est-il exigé et quelle est sa durée de validité ? Quelles sont les deux parties du CPE ? Citez cinq services techniques du bâtiment qui sont pris en compte dans le certificat de performance énergétique.

Le CPE est une fiche qui sert d'outil d'information sur la performance énergétique du bâtiment pour les propriétaires, les occupants et les acteurs de l'immobilier.

Les certificats de performance énergétique (CPE) sont exigés lorsqu'un bâtiment ou une propriété de plus de 50m² est construit, vendu ou loué. Ils sont valables pendant dix ans.

Les deux parties du CPE sont une notation graphique calculée en fonction de la performance du bâtiment et des recommandations avec un indicateur de la notation potentielle du bâtiment si ces mesures sont effectuées.

Les services techniques du bâtiment considérés dans le CPE pourraient être :

- *La taille du bâtiment et ses différents domaines d'activité.*
- *Les niveaux d'isolation du bâtiment.*
- *Les systèmes fournissant de la chaleur au bâtiment.*
- *La façon dont l'air frais se déplace dans le bâtiment.*
- *Ce qui maintient le bâtiment au frais.*
- *La façon dont l'eau chaude est fournie aux salles de bains et aux cuisines.*
- *Les systèmes ou contrôles de gestion du bâtiment.*
- *L'alimentation électrique du bâtiment.*
- *Les systèmes d'éclairage du bâtiment.*
- *Présence d'une production d'énergie sur place.*

2. En quoi consiste la mise en œuvre du BEMS (Building and Management System)? Quels sont les avantages de l'introduction d'un BEMS?

- 1) *Diagnostic énergétique et audit avec mesures d'amélioration énergétique.*
- 2) *Développement d'indicateurs énergétiques (émissions annuelles de CO₂ et consommation annuelle d'énergie primaire non renouvelable) et leur évolution dans le temps.*
- 3) *Contrôle, enregistrement et suivi de la consommation et des coûts*

énergétiques.

4) Exécution des mesures d'amélioration obtenues lors de l'audit

5) Mesure et vérification des mesures d'amélioration mises en œuvre.

Les avantages de l'introduction d'un système de gestion BEMS sont les suivants

-Meilleur contrôle de la consommation d'énergie.

-Meilleure analyse des coûts énergétiques.

-Meilleure compréhension des implications environnementales des installations.

3. Quelle est la principale directive dans les domaines de l'efficacité énergétique des bâtiments et de la certification de la performance énergétique dans l'UE:

a) Directive 2009/28/CE

b) Directive 2010/31/UE

c) Directive 2014/68/UE

4. Sélectionnez le paramètre sur lequel la classification du CPE n'est pas basée:

a) Consommation d'énergie en kWh / m²

b) Puissance installée en Kw/ m²

c) Émissions de CO₂ en kgCO₂ / m²

5. Parmi les différents outils technologiques de gestion de l'efficacité énergétique du bâtiment, lequel est utilisé pour le suivi, l'analyse et le contrôle des installations énergétiques dans les bâtiments et les industries?

a) BMS

b) EMS

c) BE

6. Identifie laquelle des options suivantes n'est pas un indicateur d'efficacité énergétique.

a) Émissions annuelles de CO₂

b) Consommation annuelle d'énergie primaire non renouvelable

c) Comment le bâtiment est utilisé et par qui

7. Le dispositif électronique qui est installé dans le tableau électrique des installations à analyser est connu sous le nom de:

- a) Enregistreur de données
- b) Régulateur de charge
- c) Anémomètre

8. Sélectionnez la fausse affirmation concernant la gestion à distance de l'énergie:

- a) Technologie utilisée pour contrôler la consommation d'énergie et pour différentes fournitures.
- b) Peut résoudre les modèles les plus sophistiqués de flux multiphasiques, de réaction chimique et de combustion.
- c) Enregistre les informations afin de les analyser et de les optimiser.

9. L'objectif principal du CPE est:

- a) Servir d'outil d'information pour les propriétaires, les occupants et les acteurs de l'immobilier.
- b) Mettre en évidence les bâtiments qui ne sont pas conformes aux réglementations établies.
- c) Rendre compte de la composition du bâtiment.

10. Le logiciel Energy+ est utilisé pour:



- a) Effectuer une analyse détaillée des technologies de conception de bâtiments les plus modernes en utilisant les techniques de simulation de l'utilisation de l'énergie dans les bâtiments les plus sophistiquées d'aujourd'hui.
- b) Résoudre les modèles les plus sophistiqués de flux multiphasiques, de réaction chimique et de combustion
- c) Calculer les charges de chaleur et de froid nécessaires pour maintenir les conditions de contrôle, les conditions dans tout le système de climatisation et les charges, et la consommation d'énergie des équipements.

11. Il existe deux obstacles qui entravent la mise en œuvre du système BEMS. Sélectionnez l'option qui n'est PAS l'un de ces obstacles.

- a) Ignorance du nouveau concept BEMS.
- b) La mise en œuvre de ce système permet un plus mauvais contrôle de la

consommation d'énergie.

- c) Les bâtiments existants ne disposent pas de l'infrastructure nécessaire pour avoir un contrôle numérique.

12. Lequel des éléments suivants ne fait pas partie du processus de mise en œuvre du BEMS?

- a) L'exécution des mesures d'amélioration obtenues lors de l'audit.
- b) L'élaboration d'indicateurs énergétiques et leur évolution dans le temps.
- c) L'obtention d'une certification de performance énergétique (CPE).

4.5. Matériel de formation supplémentaire

Leçon 1

[1] Identifiez certains des problèmes actuels dans l'Union européenne concernant le secteur de la construction.

Certains des problèmes actuels dans l'Union européenne concernant le secteur de la construction sont la forte demande en électricité et en énergie primaire, les émissions de CO₂, les matières premières consommées, la consommation d'eau et la production de déchets.

Leçon 3

[2] Expliquez le concept NZEB.

Le concept de NZEB reflète le fait que les énergies renouvelables et les mesures d'efficacité fonctionnent ensemble. Lorsqu'elles sont installées sur un bâtiment, les énergies renouvelables réduisent l'énergie nette fournie. Dans de nombreux cas, l'énergie renouvelable produite sur place ne suffira pas à rapprocher les besoins énergétiques de zéro, sans mesures d'efficacité énergétique supplémentaires ou sans une diminution significative des facteurs d'énergie primaire pour les sources d'énergie renouvelables hors site.

Leçon 4

[3] Comment peut-on introduire des mesures passives dans les bâtiments à consommation quasi nulle?

En incorporant des solutions bioclimatiques dans la projection du bâtiment ou en adaptant les solutions bioclimatiques à la conception intérieure du bâtiment.

[4] Énumérez les différents types d'isolation thermique et donnez un exemple pour chacun.

Les différents types d'isolation thermique sont :

- *Fibreux : Haute porosité. Par exemple, une laine minérale.*
- *Cellule : Faible densité, faible capacité de chauffage et résistance acceptable à la compression. Par exemple, un polystyrène expansé.*
- *Granuleux : Petites particules de matériaux inorganiques agglomérées sous forme de fragments préfabriqués ou utilisés. Par exemple, un vermicule expansé.*

Efficacité énergétique et construction durable: formation aux outils numériques pour les formateurs dans le secteur de la construction (PROJECT CONDAP)

La laine minérale, le polystyrène expansé ou la vermiculite expansée sont :

[5] Expliquez en quoi consiste le test de pressurisation ou l'infiltromètre et à quoi il sert.

Le test de pressurisation ou infiltrométrie est une méthode utilisée dans le monde entier. Elle permet de détecter les infiltrations et le degré d'étanchéité.

[6] Comment pouvons-nous réduire la consommation d'énergie des systèmes énergétiques d'un bâtiment?

La réduction de la consommation d'énergie des systèmes énergétiques d'un bâtiment peut être obtenue de deux manières : en réduisant la consommation, en mettant en place une consommation plus efficace ou en introduisant des machines ou des systèmes de production plus efficaces, ainsi qu'en tirant parti de l'énergie "gratuite" des systèmes d'énergie renouvelable, avec des pertes moindres

Leçon 5

[7] Qu'est-ce que l'énergie mini-éolienne et pour quels types de bâtiments est-elle utilisée ? Donnez un exemple.

L'énergie mini-éolienne est l'énergie éolienne la plus utilisée dans les bâtiments. Elle est définie comme "l'utilisation des ressources du vent en ayant recours à des éoliennes d'une puissance inférieure à 100kW". La limitation à 100kW est marquée par le règlement sur la basse tension, qui établit un maximum pour cette puissance. La réglementation IEC 614000-2, quant à elle, limite la surface de balayage du rotor à 200m². Il existe différents types d'éoliennes de petite puissance comme l'axe horizontal, l'axe vertical de durabilité (Darrieus) ou l'axe vertical de traînée (Savonius).

[8] Décrivez le cycle du chauffage de l'eau dans un système de production d'énergie solaire thermique.

Le système de production d'énergie solaire thermique repose sur l'utilisation du rayonnement solaire pour chauffer un fluide caloporteur (eau ou huile) qui est transporté vers un accumulateur pour utilisation. Pour ce faire, ces systèmes disposent généralement d'éléments pigmentés noirs, qui facilitent l'absorption maximale du rayonnement en tant qu'éléments absorbants.

Leçon 6

[9] Indique les étapes à suivre pour la mise en œuvre correcte du système BEMS.

La mise en œuvre d'un système BEMS comprend:

1. Un diagnostic et audit énergétique avec mesures d'amélioration de l'énergie
2. Le développement d'indicateurs énergétiques et leur évolution temporelle
3. Le contrôle, enregistrement et suivi de la consommation et des coûts énergétiques
4. L'exécution des mesures d'amélioration obtenues lors de l'audit
5. La mesure et vérification des mesures d'amélioration mises en œuvre

[10] Un des problèmes qui se posent au moment de la mise en œuvre du système BEMS est l'ignorance de ce concept, proposez une solution pour surmonter cet obstacle.

Le besoin de convaincre l'utilisateur de l'utilité de ces systèmes. En outre, ces outils avancés et analytiques garantissent que la gestion atteindra les objectifs de durabilité.

Ingeniería y Tecnología

