ministère Éducation nationale

EDI TEC 1
Repère à reporter sur la copie

SESSION 2011

CAPET
CONCOURS INTERNE
ET CAER

Section : TECHNOLOGIE

ÉTUDE D'UN SYSTÈME TECHNIQUE

Durée : 5 heures

Calculatrice électronique de poche - y compris calculatrice programmable, alphanumérique ou à écran graphique – à fonctionnement autonome, non imprimante, autorisée conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999.

L'usage de tout ouvrage de référence, de tout dictionnaire et de tout autre matériel électronique est rigoureusement interdit.

Dans le cas où un(e) candidat(e) repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il (elle) le signale très lisiblement sur sa copie, propose la correction et poursuit l'épreuve en conséquence.

De même, si cela vous conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, il vous est demandé de la (ou les) mentionner explicitement.

NB : *Hormis l'en-tête détachable, la copie que vous rendrez ne devra, conformément au principe d'anonymat, comporter aucun signe distinctif, tel que nom, signature, origine, etc. Si le travail qui vous est demandé comporte notamment la rédaction d'un projet ou d'une note, vous devrez impérativement vous abstenir de signer ou de l'identifier.*

Tournez la page S.V.P.

SUJET **2**

Présentation : le SMICTOM du Pays de Fougères 3

Partie 1 : analyse fonctionnelle 7

Partie 2 : ossature et structure bois 8

Partie 3 : gisement photovoltaïque 10

Partie 4 : installation photovoltaïque 14

Partie 5 : étude technico-économique des solutions de chauffage 16

Partie 6 : chaudière à bois déchiqueté 17

Partie 7 : isolation façade Sud : Lucido® 18

Partie 8 : circuit aéraulique 20

Partie 9 : éclairage du bureau « Direction » 21

Partie 10 : système de récupération d'eau de pluie 23

DOCUMENTS TECHNIQUES **24**

Document technique 1 : qualification de la performance des bâtiments au niveau environnemental 25

Document technique 2 : plans 26

Document technique 3 : flexion plane simple 29

Document technique 4 : gisement photovoltaïque 30

Document technique 5 : installation photovoltaïque 36

Document technique 6 : chaudière à bois déchiqueté 37

Document technique 7 : façade Lucido® 39

Document technique 8 : principe d'une VMC double flux 41

Document technique 9 : éclairage 42

Document technique 10 : récupération d'eau de pluie 45

DOCUMENTS RÉPONSES **46**

Document réponse 1 47

Document réponse 2 48

SUJET

Tournez la page S.V.P.

Présentation : le SMICTOM du Pays de Fougères

Le **S**yndicat **M**ixte **I**ntercommunal de **C**ollecte et de **T**raitement des **O**rdures **M**énagères du Pays de Fougères a été créé en 1974. Son activité couvre une ville moyenne et cinquante communes en milieu rural, pour une population de 73 387 habitants, sur un territoire de 881 km^2. Il est situé dans l'ouest de la France (latitude 48 °).

Ses attributions concernent :

- la collecte de proximité (ramassage en porte-à-porte) pour les déchets ménagers et les déchets recyclables (métal, papier, plastique) ;
- la collecte du verre après apport volontaire dans des containers ;
- l'exploitation de 7 déchetteries pour l'apport volontaire des déchets triés : métal, bois, déchets verts, carton, gravats, polystyrène, équipements électriques, déchets spéciaux (résidus de peinture, huiles...) ;
- le stockage et le compostage des déchets verts ;
- le transfert des déchets vers des sites de traitement (récupération, valorisation) ou vers un site d'enfouissement ;
- la promotion de la réduction des déchets à la source : communication sur le tri sélectif, distribution de composteurs individuels, sensibilisation des scolaires...
- le recouvrement de la redevance d'enlèvement des ordures ménagères.

Les quantités traitées se montent pour 2008 à 15 875 tonnes d'ordures ménagères et déchets assimilés, soit 216 kg/habitant (à comparer aux 360 kg/habitant en moyenne nationale) et à 25 112 tonnes d'autres déchets (source : rapport annuel 2008 du SMICTOM).

La politique du SMICTOM est définie par le comité syndical : organe délibérant, constitué de délégués des 51 communes adhérentes.

Le SMICTOM du Pays de Fougères emploie 53 agents dont 5 agents administratifs, 37 agents chargés de la collecte des déchets, 8 agents affectés aux déchetteries, 3 agents chargés de promouvoir le tri sélectif.

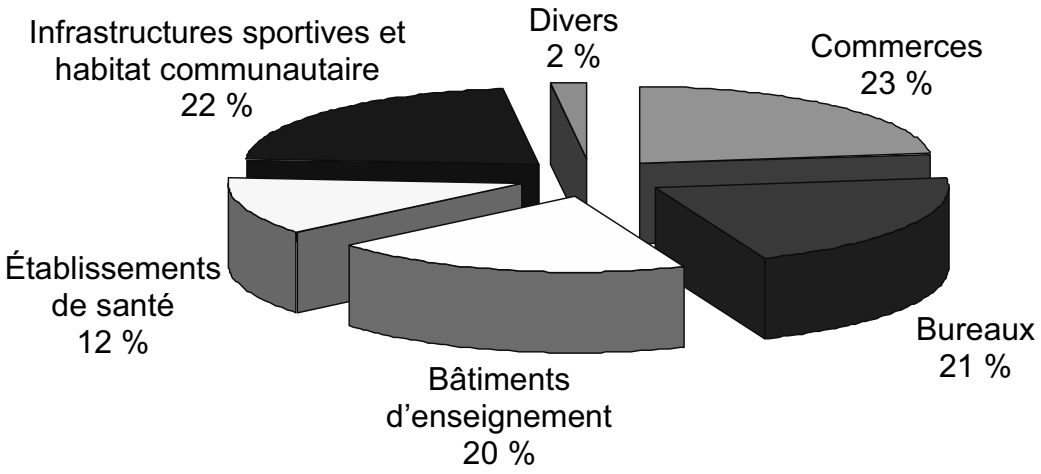
Nouveau Centre Technique et Administratif (C.T.A.)

Au moment de décider de la construction d'un nouveau bâtiment d'environ 2 300 m^2, regroupant les activités administratives, les locaux d'entretien et de stationnement des camions de collecte, avec à proximité une nouvelle déchetterie-recyclerie, le comité syndical a choisi pour ce projet, de privilégier les énergies renouvelables et les matériaux à faible impact environnemental, dans une démarche de développement durable.

Quelques chiffres expliquent ce choix :

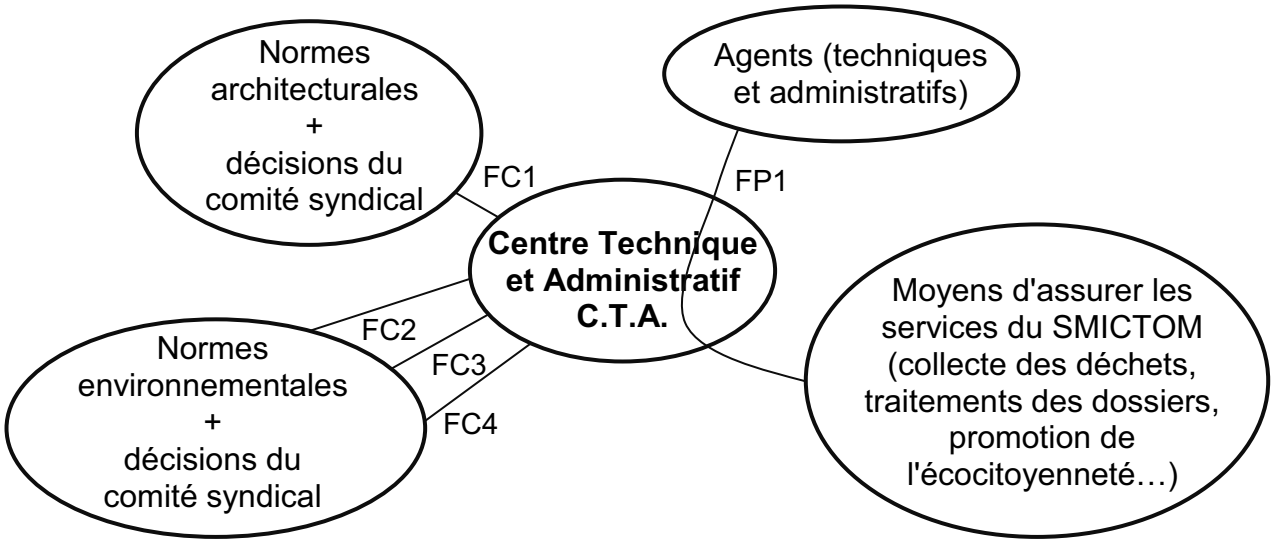
- 43 % des dépenses énergétiques françaises sont issues des bâtiments ;
- un bâtiment tertiaire existant consomme en moyenne 250 kW·h/(m^2·an) (source : www.legrand.fr) ;
- les 839 259 000 m² de surfaces tertiaires en France consomment 218 TW·h/an, répartis de la manière suivante :

Consommation énergétique des bâtiments du secteur tertiaire en France



Ce centre technique et administratif (C.T.A.) est le premier bâtiment d'une collectivité locale à être labellisé Minergie® : un label pour les bâtiments passifs (voir définitions dans Document technique 1 : qualification de la performance des bâtiments au niveau environnemental).

Fonctions du C.T.A.



FP1 : mettre à disposition des agents les moyens d'assurer les services du SMICTOM.
FC1 : répondre aux normes architecturales et aux décisions du comité syndical en assurant un confort visuel, thermique et acoustique.
FC2 : répondre aux normes environnementales et aux décisions du comité syndical en minimisant les impacts environnementaux liés aux activités dans le C.T.A. : pertes énergétiques, rejets, déchets, etc.
FC3 : répondre aux normes environnementales et aux décisions du comité syndical en minimisant la consommation d'énergie non renouvelable.
FC4 : répondre aux normes environnementales et aux décisions du comité syndical en minimisant la consommation d'eau prise sur le réseau d'eau potable.

Le projet a donné lieu au cours de sa réalisation, à la rédaction de plusieurs cahiers des charges :

- le P.P.I. : Programme des Prestations Intellectuelles ;
- le P.T. : Programme Technique ;
- le C.C.T.P. : Cahier des Clauses Techniques Particulières.

Le P.P.I. : Programme des Prestations Intellectuelles (janvier 2007), a servi de base au concours d'architecte.

Extraits :
Les prestations à remettre pour le concours sont :

Une notice de description du projet, ses choix organisationnels, son parti architectural et paysager, les choix constructifs et techniques, ainsi que les choix environnementaux et les choix faits en réponse au programme H.Q.E. (voir définition dans Document technique 1). Cette notice comportera les éléments suivants :

- *bio climatisme :*
  une analyse du site décrivant notamment l'ensoleillement, les nuisances existantes (bruits, pollutions...), ses particularités paysagères et urbanistiques. En réponse à l'analyse effectuée, une notice explicitera les orientations prises pour la conception du projet ;
- *choix intégrés des produits et procédés de construction :*
  l'explication du principe constructif envisagé, le détail des matériaux retenus ainsi que les éléments ayant guidé leur choix (impacts économiques, techniques, environnementaux, ainsi que leurs effets sur la santé des occupants) ;
- *gestion de l'énergie :*
  des précisions concernant les stratégies adoptées pour favoriser la réduction de la demande et des besoins énergétiques, pour renforcer l'efficacité des équipements énergétiques. Des solutions d'utilisation d'énergies renouvelables couvrant le plus possible les besoins d'énergie du bâtiment seront présentées ;
- *confort visuel :*
  les solutions adoptées et les mesures prises pour atteindre un niveau de performance élevé en matière de confort visuel.

Le P.T. : Programme Technique, décrit les besoins et les exigences du SMICTOM. Il a servi de base au cabinet d'architecte « Liard et Tanguy » choisi à l'issue du concours, pour élaborer son projet final.

Extraits :
Le SMICTOM souhaite inscrire cette opération dans une démarche de développement durable et de qualité environnementale.
Les priorités environnementales se traduisent par les exigences suivantes :

- *la relation harmonieuse des bâtiments du projet avec son environnement immédiat ;*
- *la gestion de l'énergie et la limitation des gaz à effet de serre (bâtiments à objectif énergie positive, emploi d'énergies renouvelables et amélioration de l'enveloppe) ;*
- *la gestion et la préservation de l'eau ;*
- *la gestion de l'entretien et de la maintenance ;*
- *la sécurité et le confort des utilisateurs ;*
- *le choix de matériaux respectueux de l'environnement et recyclables.*

Le C.C.T.P. : Cahier des Clauses Techniques Particulières (avril 2008), décrit précisément les travaux qu'aura à réaliser chaque entreprise pour la construction et la mise en service du bâtiment.

Les solutions techniques choisies par le cabinet d'architectes et décrites dans le C.C.T.P. incluent entre autres :

a - une structure porteuse en poutres et poteaux en bois lamellé collé (essence douglas, éco certifié) ;

b - une couverture à gradins en zinc, de pente 7 % ;

c - des murs réalisés pour partie, en bardage de lames bois (essence châtaignier, de provenance locale) pose horizontale à recouvrement, brut de scierie ;

d - des façades solaires passives réalisées par procédé Lucido® sur ossature bois, pour les parties du bâtiment exposées au soleil ;

e - une isolation en façade faite partiellement de fibres textiles thermoliées Métisse® issues du recyclage de vêtements ;

f - l'installation de panneaux solaires photovoltaïques (PV) en toiture pour génération d'électricité ;

g - un système de récupération et de stockage des eaux de pluies pour alimenter les W.C. et l'aire de lavage des camions de collecte des déchets ;

h - une chaudière bois pour le chauffage des bâtiments en saison froide, utilisant du bois déchiqueté (pouvant être produit à partir du bois récupéré en déchetterie) et alimentée automatiquement en combustible ;

i - des menuiseries (bois intérieur et aluminium extérieur) permettant de bénéficier au maximum de l'éclairage naturel ;

j - un système d'éclairage électrique limitant les consommations inutiles (temporisateurs, régulation).

Plusieurs de ces solutions techniques feront l'objet du questionnement qui suit.

Partie 1 : analyse fonctionnelle

Objectif :

Déterminer les conditions que devront remplir les solutions techniques, afin de répondre aux objectifs environnementaux.

Données :

- Document technique 1 : qualification de la performance des bâtiments au niveau environnemental.

Lors d'un choix de matériaux, les critères suivants peuvent être pris en compte :

1. provenance des matériaux ;
2. aspect des matériaux ;
3. facilité de mise en œuvre des matériaux ;
4. coût des matériaux ;
5. consommation d'énergie pour la fabrication des matériaux ;
6. nature renouvelable des matières premières servant à la fabrication des matériaux ;
7. nature saine des matériaux ;
8. durabilité des matériaux ;
9. performance des matériaux (capacités isolantes, résistance au feu …) ;
10. capacité des matériaux à être recyclés.

Question 1 : *parmi ces critères, quels sont ceux qui interviennent dans l'aspect « préservation de l'environnement » de la démarche H.Q.E. ? Quels sont ceux qui interviennent dans l'aspect « confort et préservation de la santé des occupants » de la démarche H.Q.E. ? Quels sont ceux qui interviennent dans l'aspect « optimisation énergétique » de la démarche H.Q.E. ?*

Question 2 : *une ouverture vitrée a été aménagée dans une des parois de l'accueil du C.T.A. afin que l'isolant soit visible, que sa provenance d'origine recyclée et sa production par un groupement d'entreprises « Le Relais » à vocation sociale, soient exposées au public. Quelles fonctions du C.T.A. sont partiellement réalisées par la solution technique (e) du C.C.T.P. ?*

L'énergie consommée pour l'éclairage, le chauffage et la production d'eau chaude pour le bâtiment du C.T.A. est estimée à 35 kW·h/(m^2·an) pour les 784 m^2 d'espace concernés (Surface de Référence Énergétique : S.R.E.).

Question 3 : *quelle devra être la production minimale d'électricité solaire photovoltaïque (en kW·h/an), pour que le bâtiment soit « à énergie positive » ?*

Question 4 : *montrer que le C.T.A. satisfait aux exigences du label Minergie®, au niveau de sa consommation énergétique.*

Partie 2 : ossature et structure bois

Objectif :
Valider le choix d'une solution utilisant une structure en bois, ainsi que le dimensionnement de la section d'une panne (élément de charpente) en fonction de la nouvelle réglementation européenne Eurocode 5.

Données :
- Document technique 2 : plans ;
- Document technique 3 : flexion plane simple.

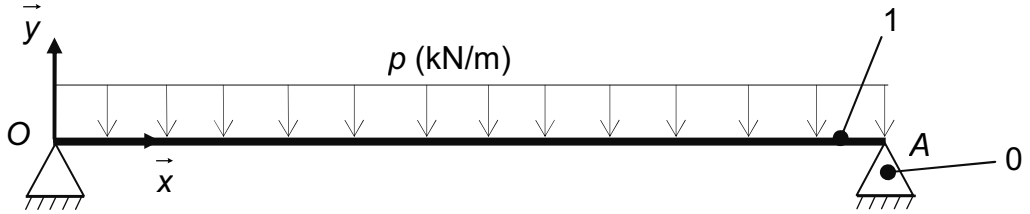
2.1) Choix du matériau

La charpente du bâtiment se compose de poutres et pannes en bois lamellé collé, éco-certifiés suivant le référentiel F.S.C. (Forest Stewardship Council) garantissant que les bois utilisés sont issus d'une forêt gérée durablement.

Question 5 : *l'architecte a choisi le bois comme principal matériau de structure. Justifier que cette orientation s'inscrit dans une démarche environnementale.*

2.2) Dimensionnement de la panne A

Hypothèses :
- les bacs zinc reposent uniquement sur les pannes ;
- la pente de la toiture est négligée ;
- la panne A est assimilée à une poutre, modélisée par :



- la charge supportée par une panne se compose :
  - du poids surfacique des bacs zinc + isolant, P_{zinc} = 1,25 kN/m^2,
  - du poids des panneaux photovoltaïques, P_{PV} (voir Document technique 4 : gisement photovoltaïque). L'accélération de la pesanteur sera telle que g = 9,81 m/s^2,
  - du poids volumique du bois lamellé collé, P_{LC} = 4,5 kN/m^3,
  - du poids surfacique de la neige, P_{neige} = 0,5 kN/m^2,
  - des charges d'entretien (stockage en toiture de matériaux de remplacement lors des travaux de réfection), P_{ent} = 1 kN/m^2 ;
- seule la charge la plus défavorable entre climatique et entretien, sera prise en compte pour le dimensionnement, car des travaux significatifs en couverture par temps de neige sont évités.

Tournez la page S.V.P.

- la pondération des charges aux états limites ultimes (ELU) est :
  - de 1,35 pour les charges permanentes,
  - de 1,5 pour les charges climatiques ou d'entretien.

Question 6 : *déterminer la largeur (en m) de la couverture reprise (supportée) par la panne A. En déduire, aux états limites ultimes (ELU), la valeur de la charge linéique p (en kN/m) s'appliquant sur la panne (Remarque : prendre les dimensions de la panne données dans le Document technique 2 : plans).*

Question 7 : *déterminer littéralement les actions* $\overrightarrow{O_{0\to 1}}$ *et* $\overrightarrow{A_{0\to 1}}$ *des appuis de la poutre sur celle-ci, en fonction de la longueur de la panne L et de la charge linéique p.*

Question 8 : *déterminer littéralement le torseur des efforts intérieurs (torseur de cohésion) en un point G situé à l'abscisse* x_0 *de la poutre, en fonction de p, L et* x_0*. En déduire le tracé des diagrammes des efforts tranchants et des moments fléchissants le long de la poutre avec leurs valeurs numériques, et indiquer la nature des sollicitations.*

Question 9 : *déterminer les contraintes* σ_{max} *et* τ_{max} *(en MPa), puis vérifier la validité ou non, des critères de résistance de l'Eurocode 5 pour la panne A.*

Partie 3 : gisement photovoltaïque

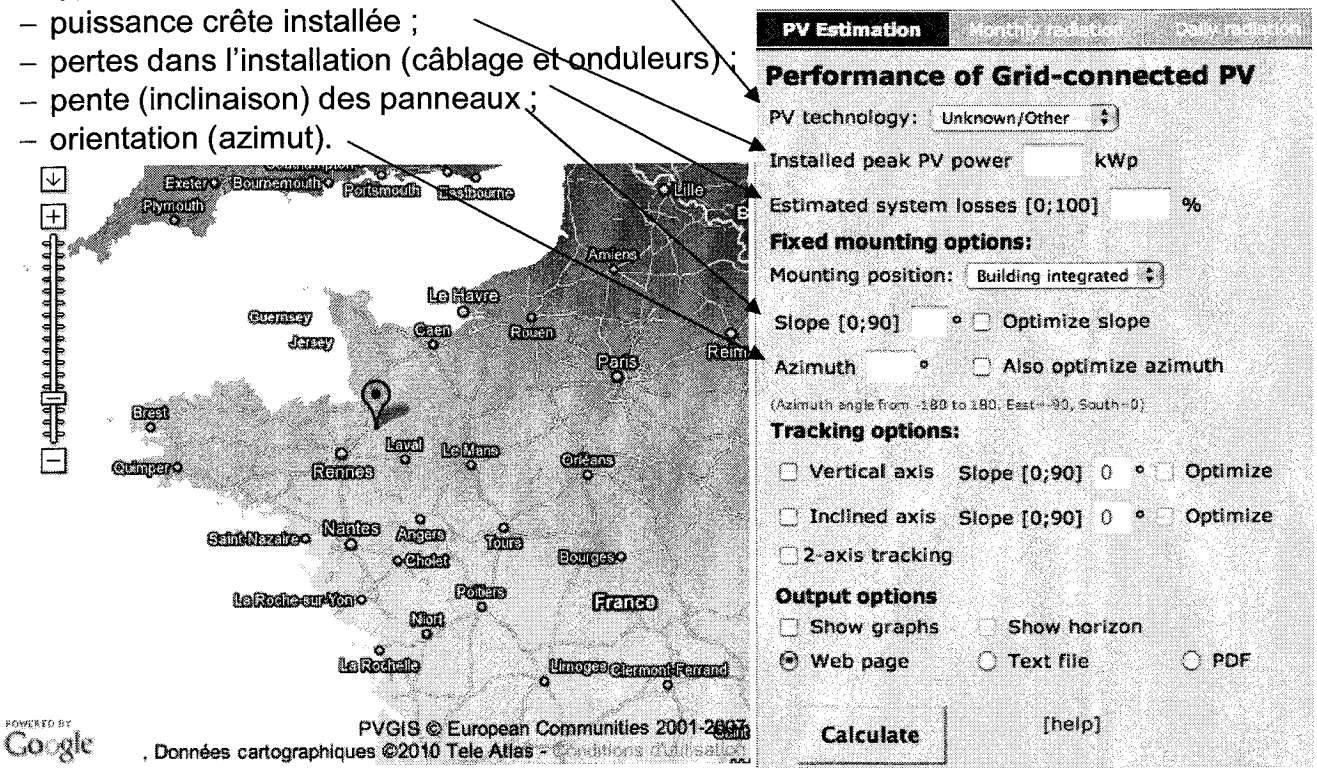
Objectif :
Evaluer le potentiel de production d'électricité d'origine photovoltaïque, que le bâtiment du C.T.A. peut fournir annuellement au réseau électrique, et conclure sur la faisabilité d'un bâtiment à énergie positive.

Données :
- Document technique 4 : gisement photovoltaïque.

3.1) Présentation du logiciel d'évaluation de production d'électricité d'origine photovoltaïque

L'évaluation est déterminante pour des raisons budgétaires, mais aussi pour l'attribution du label Minergie®.
Cette évaluation est faite à l'aide du logiciel P.V.G.I.S. (Photovoltaic Geographical Information System) mis à disposition des professionnels par l'institut pour l'environnement et le développement durable de la commission européenne.

Pour réaliser ces calculs prévisionnels, il faut fournir au logiciel les données suivantes :
- type des panneaux photovoltaïques utilisés ;
- puissance crête installée ;
- pertes dans l'installation (câblage et onduleurs) ;
- pente (inclinaison) des panneaux ;
- orientation (azimut).



Suivant l'ensoleillement, la température et l'altitude (déterminés automatiquement à l'aide du lieu d'installation), ainsi que suivant l'orientation et la pente des panneaux, le logiciel calcule l'énergie solaire incidente mensuelle (H_m). En tenant compte du type de panneau (rendement, réflexions, etc.), il estime la production électrique mensuelle (E_m).

Afin de réaliser ces estimations à l'aide du logiciel, il faut déterminer dans les questions qui suivent, les données nécessaires au logiciel.

Tournez la page S.V.P.

3.2) Détermination de la puissance crête installée

Il s'agit de la puissance qui serait obtenue avec des conditions de test standard (S.T.C., Standard Test Conditions). Ces conditions S.T.C. sont : angle d'inclinaison optimal de 36 ° (à Fougères), ensoleillement de 1000 W/m^2, masse volumique de l'air de 1,5 kg/m^3, température 25 °C, orientation plein sud.
Ces conditions standards permettent en particulier de comparer facilement les performances de deux modules photovoltaïques différents.

Le document technique 4 précise les caractéristiques électriques (courbes $I = f(V)$) d'un module photovoltaïque PVL68 dans les conditions S.T.C. et dans d'autres conditions d'ensoleillement.
Sur la caractéristique en conditions S.T.C., ont été notées deux valeurs particulières : I_{SC} (courant de court-circuit) et V_{OC} (tension à vide).

Question 10 : *indiquer comment mesurer simplement ces valeurs particulières sur un module PVL68. Illustrer votre réponse de schémas représentant les branchements à réaliser.*

Question 11 : *donner la formule permettant de calculer la puissance électrique P_1 (en W), générée par le module photovoltaïque en un point (V_1, I_1) de la caractéristique. Représenter l'allure de la courbe $P = f(V)$ de la puissance électrique délivrée par un module.*

Cette courbe vous permet de repérer la zone de la caractéristique $I = f(V)$ où la puissance délivrée est maximale.

Question 12 : *sur la caractéristique $I = f(V)$ du Document réponse 1, tracer la courbe de puissance constante $P = 68$ W dans la zone où la puissance délivrée est maximale. D'après ce tracé, déterminer le point de fonctionnement M.P.P. – Maximum Power Point – (V_{MPP}, I_{MPP}) qui permet de produire le maximum de puissance électrique pour un module photovoltaïque PVL-68.*

Question 13 : *calculer la puissance électrique maximale $P_{MPP-STC}$ (en W), de **l'ensemble** de l'installation photovoltaïque, constituée de 1206 modules PVL-68 sur couverture Rheinzink® (en conditions S.T.C.).*

Cette puissance est la puissance crête installée, utile comme donnée au logiciel P.V.G.I.S.

3.3) Détermination des pertes de puissance dans l'installation électrique pendant les phases de production photovoltaïque

Les pertes sont dues principalement :
- aux chutes de tension dans les câbles qui transfèrent l'électricité des modules photovoltaïques aux onduleurs ;
- aux chutes de tension dans les câbles qui transfèrent l'électricité des onduleurs au réseau de distribution d'électricité ;

- au rendement des onduleurs chargés de transformer l'électricité continue (de puissance P_{DC}) générée par les modules photovoltaïques, en électricité alternative (de puissance P_{AC}) adaptée au réseau.

3.3.1) Détermination des pertes dans un onduleur

Question 14 : *indiquer à quel rapport de puissances correspond le rendement η_{ond} de l'onduleur. Relever dans la documentation de l'onduleur SMC 5000A, la puissance nominale P_{AC} (en W), à la sortie de l'onduleur.*

Les courbes de rendement montrent que le rendement varie suivant la tension U_{PV} délivrée par les modules photovoltaïques à l'onduleur, et suivant la puissance P_{AC} fournie au réseau par l'onduleur.

Question 15 : *évaluer d'après les courbes, la puissance P_{AC-OPT} qui permet d'obtenir le rendement maximal à $U_{PV} = 275$ V, et indiquer la valeur η_{max} de ce rendement maximal.*

La valeur de ce rendement maximal ne rend pas réellement compte des performances de l'onduleur, car il est associé à une puissance de sortie donnée, or l'onduleur ne fonctionne pas toujours à cette puissance, car le groupe photovoltaïque auquel il est relié ne délivre jamais la même puissance (à cause des variations de l'éclairement solaire sur les modules photovoltaïques). De ce fait, l'onduleur ne fonctionne pas tout le temps à son rendement maximal.

Le rendement européen η_{euro} a donc été introduit pour pourvoir calculer un rendement global de l'onduleur sur le continent européen.

La méthode de calcul du rendement européen considère que :
- l'onduleur fonctionne à 5 % de sa puissance nominale, pendant 3 % du temps ;
- l'onduleur fonctionne à 10 % de sa puissance nominale, pendant 6 % du temps ;
- l'onduleur fonctionne à 20 % de sa puissance nominale, pendant 13 % du temps ;
- l'onduleur fonctionne à 30 % de sa puissance nominale, pendant 10 % du temps ;
- l'onduleur fonctionne à 50 % de sa puissance nominale, pendant 48 % du temps ;
- l'onduleur fonctionne à 100 % de sa puissance nominale, pendant 20 % du temps.

Le rendement européen de l'onduleur est donné par la formule suivante :

$$\eta_{euro} = 0{,}03 \times \eta_{5\%} + 0{,}06 \times \eta_{10\%} + 0{,}13 \times \eta_{20\%} + 0{,}10 \times \eta_{30\%} + 0{,}48 \times \eta_{50\%} + 0{,}20 \times \eta_{100\%}$$

Les valeurs de $\eta_{5\%}$, $\eta_{10\%}$, $\eta_{20\%}$, $\eta_{30\%}$, $\eta_{50\%}$ et $\eta_{100\%}$ doivent être relevées directement sur la courbe de rendement de l'onduleur.

Question 16 : *pour $U_{PV} = 275$ V, calculer le rendement européen de l'onduleur SMC 5000A (en %), puis d'après ce rendement européen, calculer les pertes moyennes de l'onduleur Pe_{OND} (en %).*

Tournez la page S.V.P.

3.3.2) Détermination des pertes dans les câbles de liaison entre les modules photovoltaïques et les onduleurs

Les câbles (constitués d'un seul conducteur) sont de section 2,5 mm^2, leur intensité admissible ($T_{âme}$ = 60 °C, $T_{ambiante}$ = 30 °C) est de 30 A.

L'intensité moyenne dans ces câbles est estimée à 4 A.

Le câblage des 1206 modules photovoltaïques aux 15 onduleurs a nécessité 4 km de câbles.

Question 17 : *relever dans le Document technique 4, le coefficient de chute de tension ($T_{âme}$ = 90 °C) et l'utiliser pour calculer la chute de tension moyenne sur les câbles reliant* ***chaque*** *onduleur à ses modules photovoltaïques. En se plaçant toujours à U_{PV} = 275 V, en déduire les pertes de puissance $Pe_{CABL-DC}$ (en %), occasionnée par le câblage de chaque onduleur.*

3.3.3) Calcul des pertes électriques globales

Les pertes dues au câblage entre les onduleurs et le réseau de distribution d'électricité sont évaluées à $Pe_{CABL-AC}$ = 1 %.

Question 18 : *calculer les pertes globales Pe_{TOT} (en %) dans l'installation de production d'électricité photovoltaïque (câblage et onduleurs).*

3.4) Détermination de la pente (angle d'inclinaison)

L'architecte a fixé la pente de la toiture, qui reçoit les panneaux photovoltaïques, à 7 %.

Question 19 : *à quelle valeur en degré, cet angle d'inclinaison correspond-il ?*

3.5) Détermination de l'orientation (azimut)

Question 20 : *déterminer l'orientation des panneaux photovoltaïques, d'après le Document technique 2, sachant que la pente de la toiture est orientée vers les bassins de récupération des eaux de pluie.*

3.6) Estimation du gisement photovoltaïque

Les données fournies au logiciel P.V.G.I.S. donnent les résultats reportés sur le Document technique 4.

Question 21 : *relever dans ce document la production électrique estimée E_m (en kWh/an). D'après la réponse fournie à la question 3, conclure sur la possibilité pour le C.T.A. d'être un bâtiment à énergie positive.*

Partie 4 : installation photovoltaïque

Objectif :
Organiser l'installation des modules photovoltaïques : câblage des modules et vérification des conditions d'intervention en toute sécurité sur l'installation photovoltaïque.

Données :
- Document technique 4 : gisement photovoltaïque ;
- Document technique 5 : installation photovoltaïque.

Hypothèses :
Dans cette partie, les chutes de tension dans les câbles électriques seront négligées.

4.1) Câblage des modules PV

Plusieurs onduleurs de marque SMA et de type Sunny Mini Central SMC 5000A sont utilisés. Ils ont pour fonction d'extraire des modules PV, à tout moment, un courant tel que les modules PV soient en condition de délivrer leur puissance maximale (point de fonctionnement M.P.P.) : cette fonction est appelée « M.P.P. tracker ». Ils sont également destinés à transformer l'électricité continue générée par les modules photovoltaïques en électricité alternative adaptée au réseau.

Question 22 : *dans la notice de ces onduleurs, relever la plage de tensions photovoltaïques U_{PV} conseillée (en V), la tension continue (DC) maximale (tension des modules PV à ne pas dépasser) $U_{PV\,max}$ (en V) et le courant d'entrée (DC) maximal acceptable $I_{PV\,max}$ (en A).*

Il faudra donc câbler les modules PV entre eux pour respecter ces données.

Question 23 : *calculer le nombre de modules PV à associer électriquement pour obtenir un ensemble (appelé « chaîne » ou « string ») qui fournira une tension $U_{CHAÎNE}$ d'environ 300 V (pour un fonctionnement M.P.P. en conditions S.T.C.). Quel doit être le mode d'association de ces modules (série ou parallèle) ?*

Question 24 : *déterminer le courant $I_{CHAÎNE}$ (en A), délivré par une chaîne dans ces conditions.*

Question 25 : *calculer la puissance électrique maximale $P_{CHAÎNE\,max}$ (en W) qu'une chaîne pourra fournir.*

Question 26 : *déterminer le nombre de chaînes obtenu par le câblage des 1206 modules PV. Quel doit être le mode d'association de ces chaînes entre elles (série ou parallèle), pour obtenir environ 300 V sur l'entrée DC de chaque onduleur (pour un fonctionnement M.P.P. en conditions S.T.C.) ?*

Question 27 : *l'installation est composée de 15 onduleurs. A combien de chaînes sera relié chacun des onduleurs (remarque : le nombre de chaînes peut varier d'une unité d'un onduleur à l'autre) ?*

Question 28 : *dessiner schématiquement le câblage à réaliser entre les modules et un des onduleurs (remarque : ne représenter que les modules et les câbles, sans les éléments de coupures et de protection).*

4.2) Protection des personnes lors des interventions sur l'installation photovoltaïque

Voir Document technique 5 « schéma d'une installation photovoltaïque ».

Question 29 : *lors du changement d'un des onduleurs, quels éléments du schéma faudra-t-il manœuvrer pour que l'intervention se fasse sans risque électrique ?*

Question 30 : *lors d'une opération sur un câble de chaîne, est-il possible de manœuvrer un dispositif pour que l'intervention se fasse sans risque électrique ? Argumenter.*

Question 31 : *dans ce dernier cas, comment intervenir en minimisant les risques électriques ?*

Partie 5 : étude technico-économique des solutions de chauffage

Objectif :
Valider ou non le C.C.T.P. sur le choix d'une solution de chauffage à bois.

Pour ce faire, différentes solutions seront étudiées, pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire :

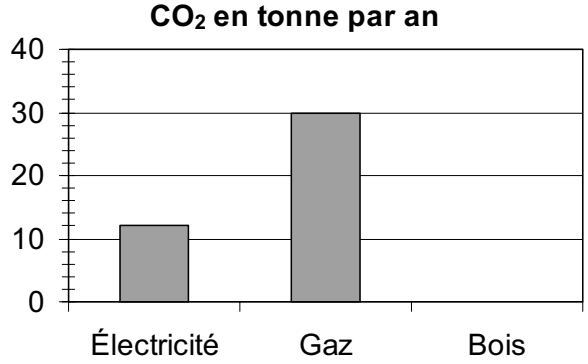
- électricité ;
- gaz ;
- bois.

5.1) Analyse économique

Question 32 : *compléter le tableau du Document réponse 2. Conclure au niveau de sa dernière ligne.*

5.2) Analyse environnementale

Le bilan des émissions de gaz à effet de serre des différentes solutions de production d'énergie est représenté ci-dessous :



Question 33 : *pourquoi l'utilisation du bois de chauffage ne provoque-t-il pas d'émission de CO_2 ? (N'y aurait-il pas de fumée sortant des cheminées ?). Justifier alors l'intérêt de la subvention de l'ADEME.*

5.3) Proposition d'une solution de production d'eau chaude

La production de chauffage pour les locaux n'est utile que pendant les périodes froides alors que de l'eau chaude sanitaire (alimentation des douches pour les agents chargés de la collecte des déchets) doit être fournie toute l'année.

Question 34 : *quel est l'intérêt d'interrompre le fonctionnement de la chaudière à bois une partie de l'année ? Proposer une solution pour la production d'eau chaude toute l'année, qui soit en accord avec les objectifs environnementaux du SMICTOM.*

Partie 6 : chaudière à bois déchiqueté

Objectif :
Valider ou non le C.C.T.P. sur le choix d'une installation d'une chaudière automatique à bois déchiqueté, de type Fröling Turbomatic 35, ainsi que l'implantation d'un silo de volume 30 m^3.

Données :
- Document technique 6 : chaudière à bois déchiqueté.

6.1) Analyse du fonctionnement

Question 35 : *citer les principales contraintes de ce type de chauffage.*

6.2) Dimensionnement de la chaudière et du silo

La dimension de la chaudière est en général déterminée à l'aide du besoin thermique plus un supplément de 20 %. Ce supplément est nécessaire afin de pouvoir compenser la perte de puissance de la chaudière causée par une mauvaise qualité du bois déchiqueté (teneur en eau > 25 %) et par les interruptions nécessaires aux intervalles de nettoyage.

Le besoin thermique Bes_{ther} pour le bâtiment du C.T.A. est estimé à 34 W/m^2 pour les 784 m^2 d'espace concerné (Surface de Référence Énergétique : S.R.E.).

Question 36 : *il arrive que les bureaux d'étude surdimensionnent les moyens de chauffage, est-ce le cas ici ?*

Question 37 : *sachant que le bois déchiqueté a pour charge calorifique 2,5 m^3/kW, et que le silo doit être dimensionné de façon à ce que 4 remplissages par an au maximum soient nécessaires, valider ou non la taille du silo.*

Partie 7 : isolation façade sud : Lucido®

Objectif :
Vérifier le confort d'été et le confort d'hiver au niveau du bureau « Direction ».

Données :
- Document technique 2 : plan du bureau « Direction » ;
- Document technique 7 : façade Lucido®.

Un mur de type Lucido®, destiné aux bâtiments passifs, doit participer à assurer une bonne isolation thermique et phonique, une récupération optimale du rayonnement solaire les jours froids, et un confort d'été par jour chaud.

7.1) Vérification du confort d'été

Pour évaluer si la récupération solaire par le mur ne détériore pas le confort d'été, il est nécessaire de comparer l'énergie solaire qui pénètre dans la paroi extérieure Lucido® du bureau « Direction », en début d'été et à mi-saison.
La comparaison repose sur l'ensoleillement moyen constaté le 21 mars et le 22 juin entre 10 h et 14 h.

Les hauteurs angulaires moyennes du soleil entre 10 h et 14 h relevées à ces deux dates sont de 62 ° le 22 juin et de 39 ° le 21 mars. L'éclairement moyen fourni par le soleil dans l'axe des rayons incidents est de 700 W/m^2 le 21 mars et de 1 000 W/m^2 le 22 juin. La paroi extérieure du bâtiment est verticale, et sera considérée comme faisant face au soleil.

Question 38 : *sur quelle surface (forme, dimensions, superficie) du mur, un rayonnement solaire de surface carrée, d'un mètre de côté et normale aux rayons incidents, se projettera-t-il le 21 mars ? En déduire la puissance solaire reçue par le mur, $P_{sol\ reçue}$ (en W/m^2) à cette date.*

Déterminer ces mêmes éléments à la date du 22 juin.

Le coefficient de réflexion sur le verre solaire est de 9 % pour une incidence de 39 °, et de 35 % pour une incidence de 62 °.

Question 39 : *en tenant compte de la réflexion sur la face du verre solaire Lucido®, calculer la puissance solaire $P_{sol\ pen}$ (en W/m^2), qui pénètre dans la paroi à ces deux dates.*

Le cumul de l'apport solaire par le mur Lucido® et par la baie vitrée, par jour donne 2 900 W·h/m^2 le 21 mars et 2 700 W·h/m^2 le 22 juin.

Question 40 : *calculer l'énergie solaire E_{sol} (en W·h), qui pénètre dans la paroi extérieure de 9,65 m^2 du bureau « Direction », à ces deux dates, puis conclure sur les risques d'un échauffement très fort du bureau, l'été.*

7.2) Vérification du confort d'hiver

Les principales pertes thermiques du bâtiment sont dues à la transmission par les parois extérieures (46 %), mais également par renouvellement d'air (V.M.C. Ventilation Mécanique Contrôlée) et par infiltration d'air (défauts d'étanchéité dus à une mise en œuvre des matériaux pas assez soignée, de la part des artisans poseurs).

Les pertes par transmission thermique à travers la paroi extérieure du bureau « Direction » le 21 mars doivent être évaluées. Ce jour-là, la température moyenne est de 12 °C le jour et de 10 °C la nuit. La consigne du régulateur de température qui commande le système de chauffage est réglée à 20 °C de 8 h à 18 h (C.T.A. ouvert), et réglée à 15 °C en dehors de ces heures.

La paroi extérieure (de 9,65 m^2 et orientée au sud) est constituée :

- du mur Lucido® (sur 5,15 m^2 et de caractéristiques thermiques $\lambda_{équivalent}$ = 0,011 W/(m^2·°C) et $R_{TH\ TOTALE}$ = 20 m^2·°C/W) ;
- d'une baie vitrée sans volet (sur 4,50 m^2 et de caractéristique thermique U_{BAIE} = 1,25 W/(m^2·°C)).

Question 41 : *calculer les pertes thermiques P_{th} (en W·h), dues au mur Lucido®, puis dues à la baie vitrée, pendant les heures d'ouverture du C.T.A. et en dehors de ces heures. Indiquer la valeur globale des pertes thermiques par transmission dans cette paroi pour le 21 mars.*

Question 42 : *les pertes par la baie sont prépondérantes. Faut-il diminuer la surface de la baie vitrée ?*

Une étude thermique complète du bâtiment permet d'évaluer les besoins de chauffage à 28 kW·h/(m^2·an).

Question 43 : *indiquer le niveau de performance énergétique du C.T.A. par rapport à l'étiquette « consommation d'énergie » du diagnostic de performance énergétique.*

Partie 8 : circuit aéraulique

Objectif :
Valider ou non le C.C.T.P. sur la valeur du renouvellement de l'air du bureau « Direction » de 0,6 vol/h.

Données :
- Document technique 8 : principe d'une VMC double flux ;
- Document technique 2 : plan du bureau « Direction ».

8.1) Analyse du fonctionnement d'une VMC double flux

Question 44 : *quels sont les principaux avantages et inconvénients d'une VMC double flux ?*

8.2) Renouvellement de l'air dans le bureau « Direction ».

Après une étude du circuit aéraulique, le débit d'air du bureau « Direction » a été évalué à 30 m^3/h.

Question 45 : *à l'aide du plan du bureau « Direction », déterminer son volume (en m^3), puis valider ou non le respect du C.C.T.P. pour le renouvellement de l'air dans ce bureau (remarque : les vitres vont du sol au plafond pour un éclairage naturel maximal).*

Tournez la page S.V.P.

Partie 9 : éclairage du bureau « Direction »

Objectif :
Dimensionner l'éclairage artificiel du bureau « Direction », et vérifier les conditions de sa gestion optimale pour minimiser les consommations inutiles d'électricité.

Données :
- Document technique 2 : plan du bureau « Direction » ;
- Document technique 9 : éclairage.

L'éclairage du bureau « Direction » est obtenu grâce à des tubes fluorescents Philips de type Master TL5 HE alimentés par le secteur. C'est un mode d'éclairage qui présente l'avantage d'avoir une bonne efficacité lumineuse (rendement). Ces tubes fluorescents sont disposés dans des luminaires TBS260, encastrés dans le plafond à une hauteur de 2,50m, et dotés de ballasts électroniques.

Le ballast fournit la tension d'amorçage des tubes fluorescents et l'énergie de préchauffage lors de l'allumage, il limite et stabilise le courant dans les tubes au cours du fonctionnement.

Les luminaires sont munis d'une optique (réflecteurs) de type O.L.C. (Omni-directionnal Luminance Control) qui permet d'obtenir un éclairage uniformément réparti avec un angle de rayonnement de 30 ° de chaque côté du luminaire.

L'ensemble des luminaires est commandé par un module Philips OccuPlus qui permet d'importantes économies d'énergie, en détectant les présences dans le bureau pour activer l'éclairage, et en régulant la luminosité des luminaires suivant la lumière du jour de façon à obtenir un éclairement constant.

9.1) Détermination du nombre de luminaires nécessaires

On souhaite que la lumière de l'ensemble des luminaires couvre l'entière superficie du bureau à 70 cm du sol (hauteur de la surface de travail).

Question 46 : *déterminer sur le plan, les dimensions du bureau, et en déduire la superficie de la zone de travail à éclairer, à 70 cm du sol.*

Question 47 : *montrer qu'un luminaire éclaire une zone de travail de largeur supérieure à 2,50 m.*

Chaque luminaire couvre une zone de travail de superficie supérieure à 5,5 m^2.

Question 48 : *montrer que quatre luminaires permettent d'éclairer correctement l'intégralité de la zone de travail.*

L'ensemble des luminaires du bureau « Direction » contient 12 tubes fluorescents de type Philips TL5.

Le C.C.T.P. demande de garantir un éclairement minimal $E_{BUREAU\,min}$ de 400 lux dans l'ensemble des bureaux du C.T.A.

Hypothèses : avec la réflexion de la lumière sur les parois intérieures (blanches), le flux lumineux arrive intégralement sur la surface de travail (qui est égale à la surface au sol). L'éclairement obtenu sur la surface de travail est homogène sur l'ensemble de la surface.

Question 49 : *montrer que ces luminaires permettent de satisfaire à la condition précédente du C.C.T.P.*

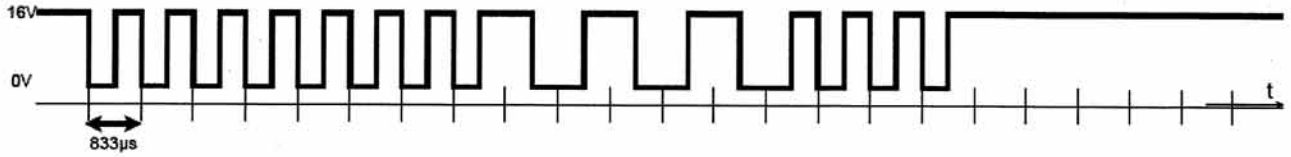
9.2) Commande automatisée de l'éclairage

Le module OccuPlus permet de faire fonctionner l'éclairage artificiel dès qu'une présence est détectée. Quand la pièce est inoccupée, l'éclairage s'éteint automatiquement après un temps réglable de 1 à 30 minutes (nous supposerons ce temps réglé à 15 minutes). Quand il est actif, l'éclairage est régulé en tenant compte de l'apport dans la pièce de lumière naturelle, de façon à maintenir un éclairement constant.
Si la lumière du jour devient inférieure à un seuil Φ_L, l'éclairage se met à 100 %. Si par contre, la lumière du jour est trop forte (supérieure à un seuil Φ_H), l'éclairage s'éteint même en cas de présence dans la pièce. Entre ces deux seuils, l'intensité de l'éclairage est adaptée aux besoins. Une télécommande infrarouge IRT 8099 permet de configurer le module OccuPlus.

Question 50 : *compléter sur le Document réponse 1, le chronogramme représentant l'intensité de l'éclairage fourni par les luminaires du bureau « Direction », au cours d'une journée, en fonction des présences, et en fonction de la lumière naturelle.*

Les différents constituants d'éclairage des bureaux (modules, ballasts électroniques) sont reliés entre eux par un bus DALI (Digital Addressable Lighting Interface).

Lors d'un passage du gardien de nuit dans les bureaux, celui-ci peut activer une commande sur une console de type B.M.S. (Building Management System). Cette action envoie la trame représentée ci-dessous sur le bus DALI reliant la console aux luminaires des bureaux.



Question 51 : *indiquer l'effet de cette action sur les luminaires des bureaux.*

Question 52 : *conclure sur l'efficacité des modules OccuPlus à réduire la demande énergétique, comme le demande le P.P.I.*

Partie 10 : système de récupération d'eau de pluie

Objectif :
Valider ou non le C.C.T.P. sur l'autonomie du système de récupération d'eau de pluie à 15 jours.

Données :
- Document technique 10 : récupération d'eau de pluie.

10.1) Analyse de l'installation

Ce système a pour fonction principale « FP1 : Récupérer l'eau de pluie » et pour fonction contrainte « FC1 : Assurer la qualité de l'eau ».

Question 53 : *proposer une représentation fonctionnelle pour chacune de ces deux fonctions sous la forme de FAST (avec leurs différentes fonctions techniques et solutions techniques).*

10.2) Autonomie et retour sur investissement

La consommation totale en eau (lavage de camion, sanitaire) a été évaluée à $Cons_{eau\ tot}$ = 565 m^3/an, et la capacité de récupération du toit à $V_{récup}$ = 1010 m^3/an.
Deux cuves de stockage d'eau de pluie sont implantées, d'un volume de 22 m^3 chacune.

Le dimensionnement de l'installation est réalisée à l'aide de la relation suivante : $V_{cuves} = \left(\frac{Cons_{eau\ tot} + V_{récup}}{2} \right) \cdot \frac{Aut}{365}$, avec V_{cuves} le volume total de stockage et Aut l'autonomie en jours.

Question 54 : *valider ou non le C.C.T.P. sur l'autonomie du système installé.*

Question 55 : *sachant que le prix de l'eau à Fougères est de 3,60 €/m^3 (15/01/2010), en déduire la dépense annuelle en eau $Dép_{eau}$ (en €/an) du C.T.A., sans système de récupération en eau de pluie.*

Le coût d'installation et le coût d'entretien du système de récupération en eau de pluie sont évalués à :

$Coût_{inst}$ = 10 000 € $Coût_{ent}$ = 500 €/an

Question 56 : *déterminer alors le temps de retour sur investissement RSI (en année).*

DOCUMENTS TECHNIQUES

C

Tournez la page S.V.P.

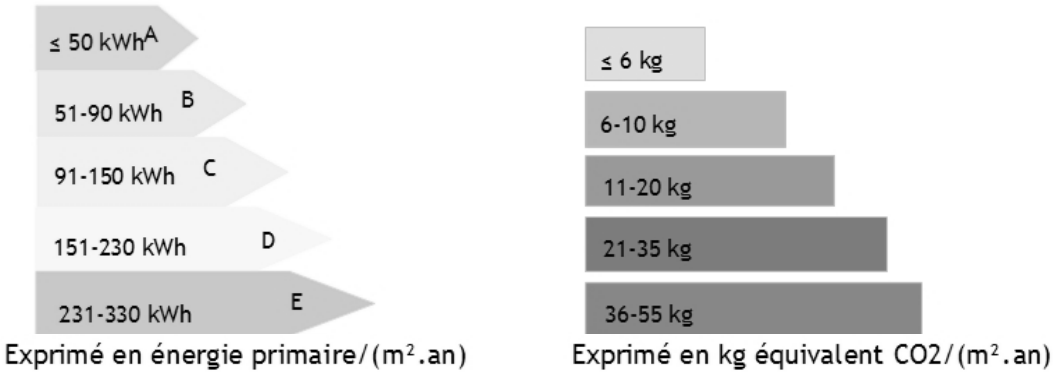
Document technique 1 : qualification de la performance des bâtiments au niveau environnemental

Bâtiment bio climatique : bâtiment utilisant au mieux les ressources du climat local (apport solaire, etc.), l'emplacement du bâtiment et son orientation, afin d'optimiser le confort et la consommation d'énergie.

Bâtiment passif : bâtiment bio climatique dans lequel les déperditions énergétiques ont été limitées au maximum afin de se contenter d'un moyen de chauffage minimal en hiver, tout en assurant un bon confort d'été et en utilisant au minimum les énergies non renouvelables.

Bâtiment à énergie positive : bâtiment qui produit sur une année, plus d'énergie qu'il n'en consomme.

Diagnostic de performance énergétique (D.P.E.) : la performance énergétique d'un bâtiment est indiquée par deux « étiquettes », l'une indiquant la consommation d'énergie sur une année, l'autre indiquant le niveau de rejet de gaz à effet de serre.

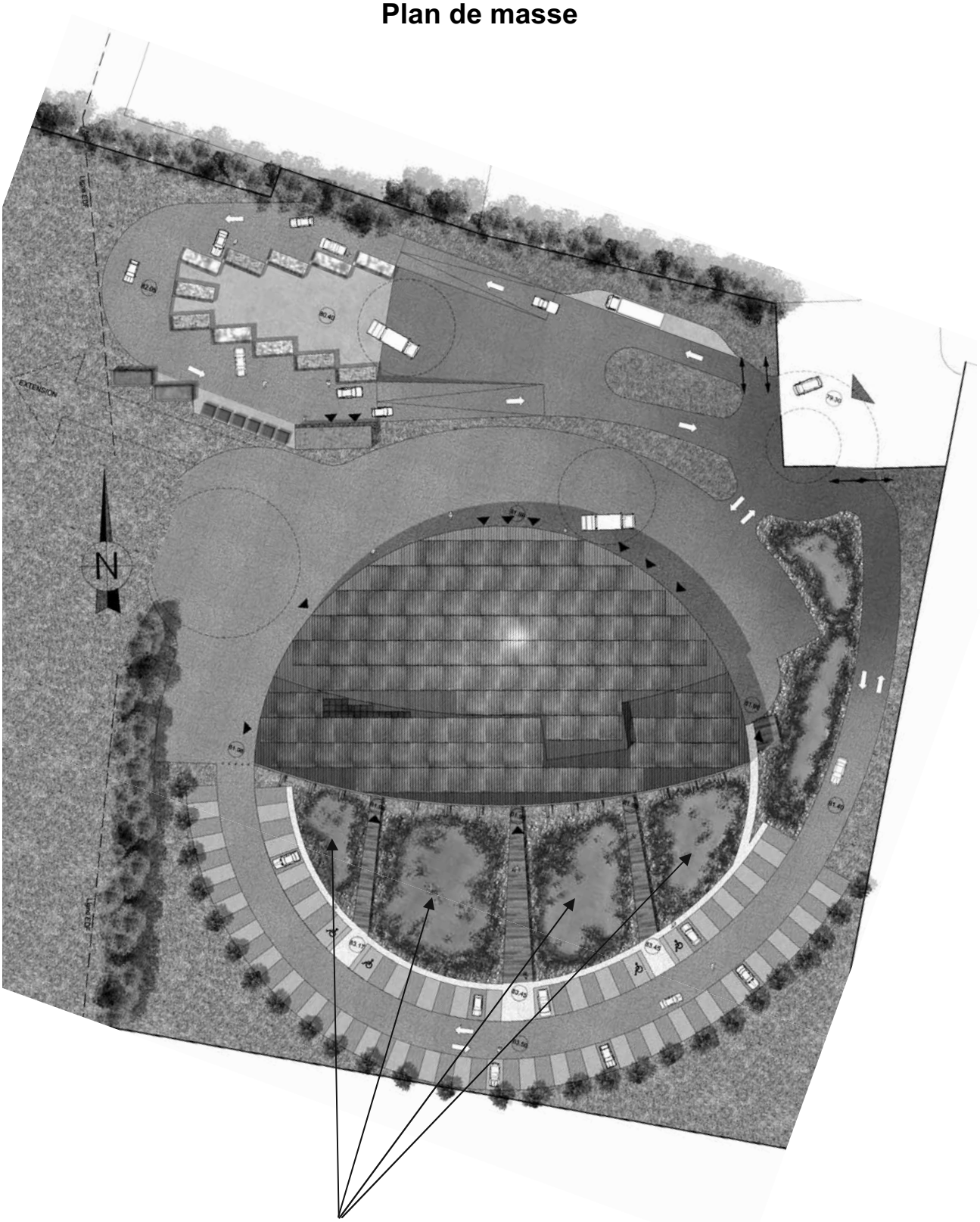


Certifications concernant les bâtiments :

- **RT2005 :** réglementation thermique de 2005, fixant les consommations énergétiques maximales (chauffage, eau chaude sanitaire, climatisation) que les constructions neuves ne doivent pas dépasser, suivant la zone climatique dans laquelle elles se situent.
  Dans la zone où est implanté le C.T.A., la valeur est fixée à 110 kW·h/m^2/an ;
- **NF Bâtiments tertiaires - Démarche H.Q.E. (Haute Qualité Environnementale) :** bâtiments dont la construction et l'utilisation préservent l'environnement et la santé des personnes : cadre agréable, matériaux durables, nuisances faibles, gestion de l'eau, de l'énergie, des déchets, qualité de l'eau et de l'air, conditions sanitaires ;
- **Minergie® :** label fixant des exigences sur :
  - l'enveloppe du bâtiment, à isolation thermique renforcée et étanche à l'air,
  - le système d'aération douce pour le renouvellement de l'air,
  - la valeur limite de dépense énergétique (de 38 kW·h/m^2/an pour une habitation, de 40 kW·h/m^2/an pour un bâtiment servant au secteur tertiaire),
  - l'éclairage et la production de froid et de chaleur industriels,
  - l'investissement supplémentaire par rapport aux bâtiments conventionnels comparables : maximum 10 %.

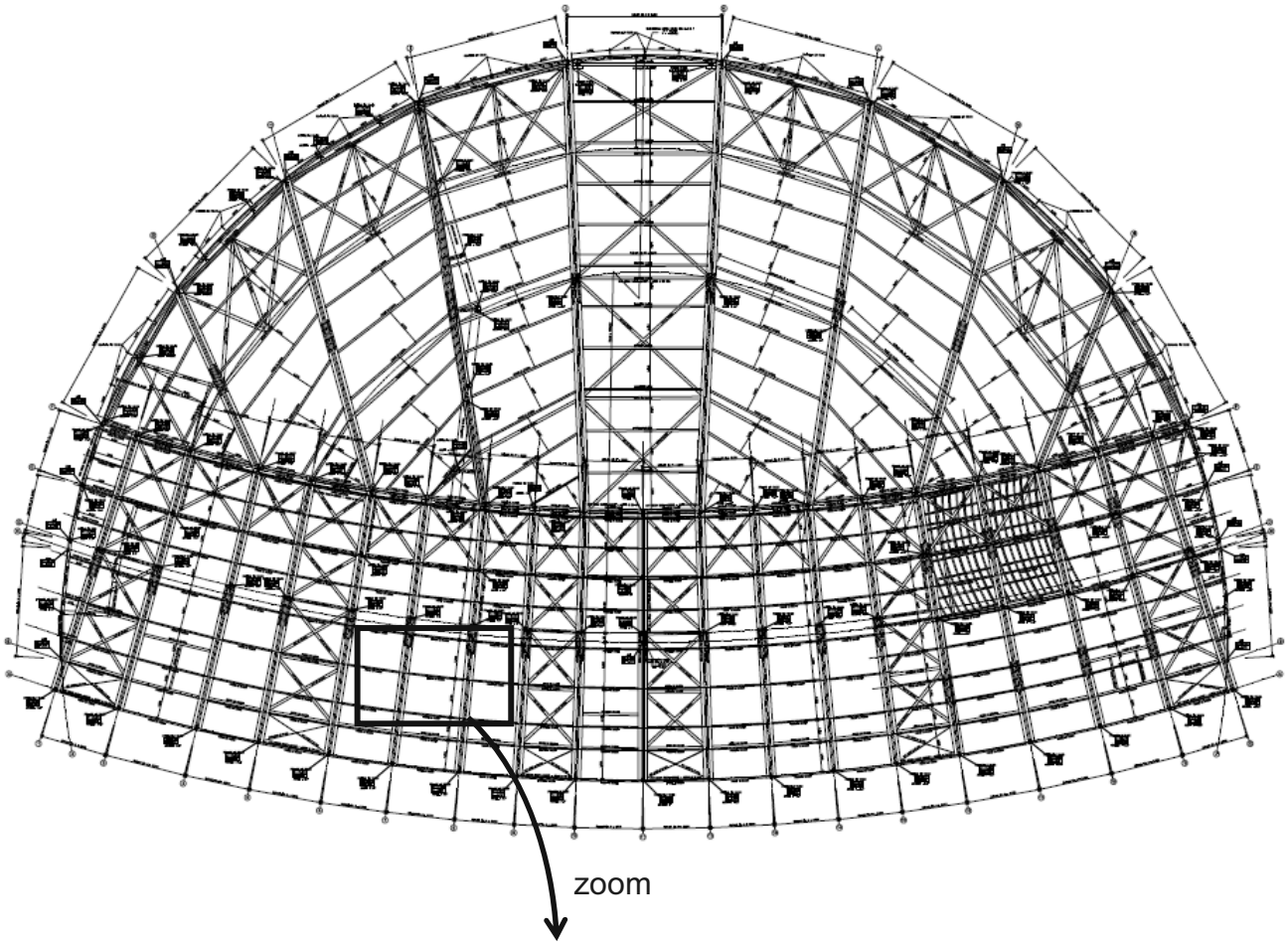
Document technique 2 : plans

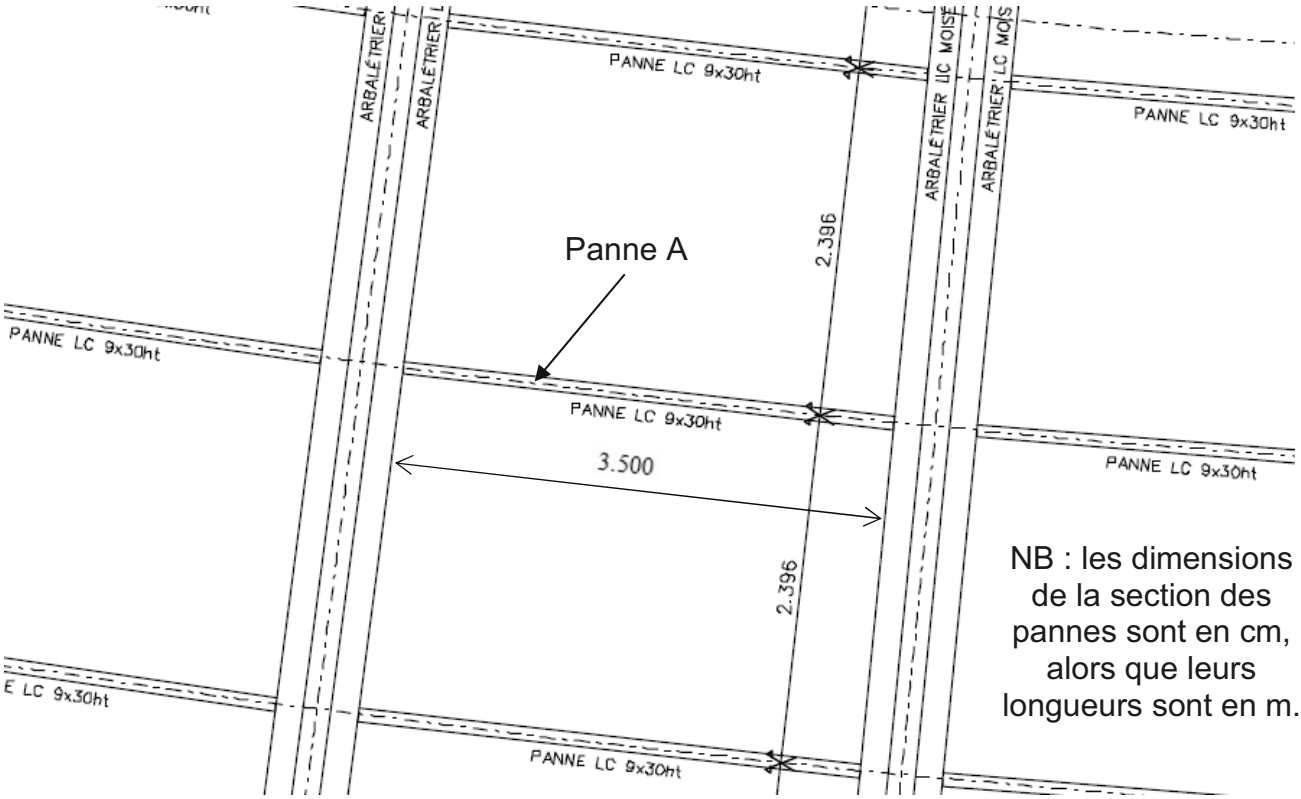
Plan de masse



Bassins de récupération
d'eau de pluie

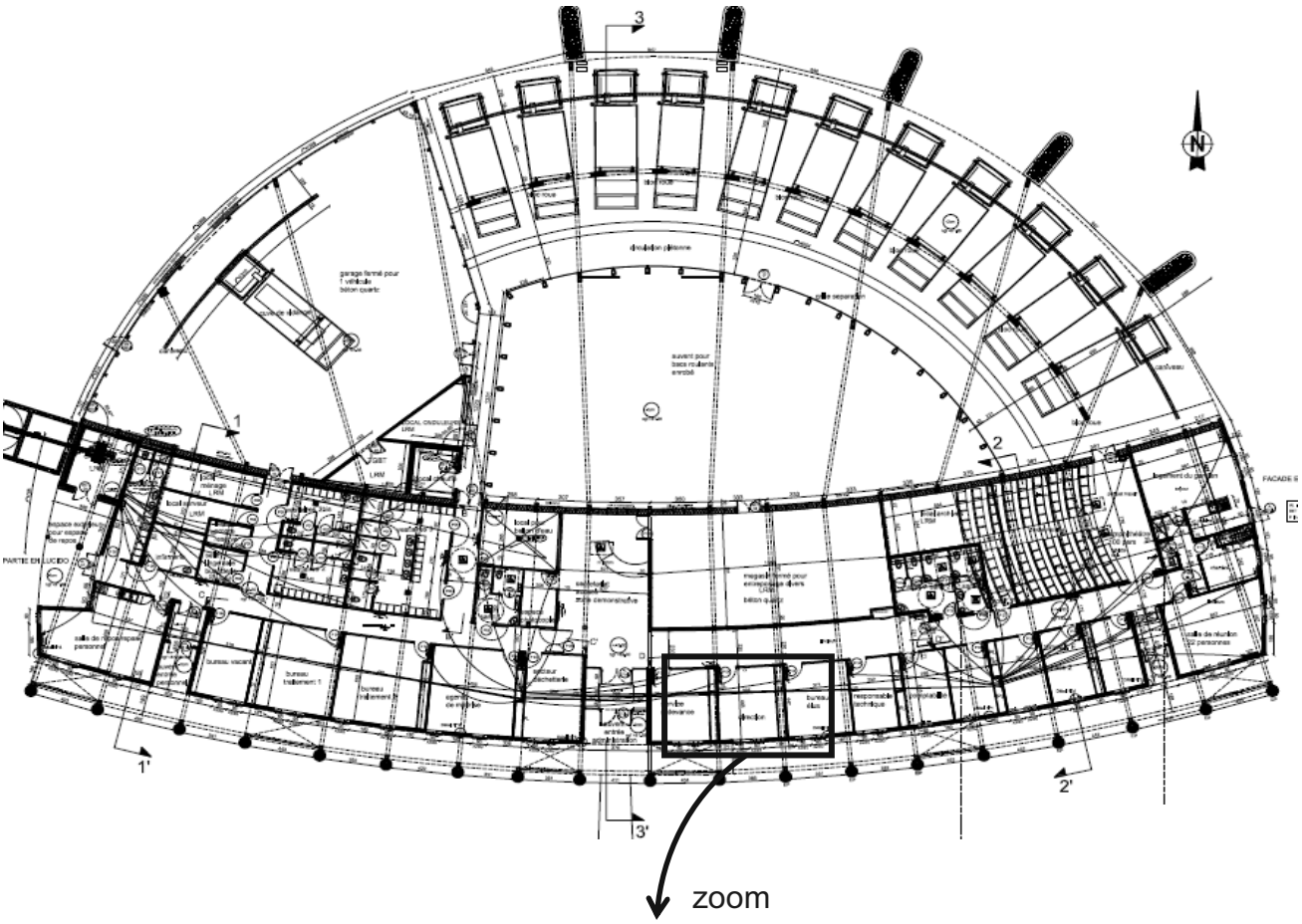
Plan de la structure



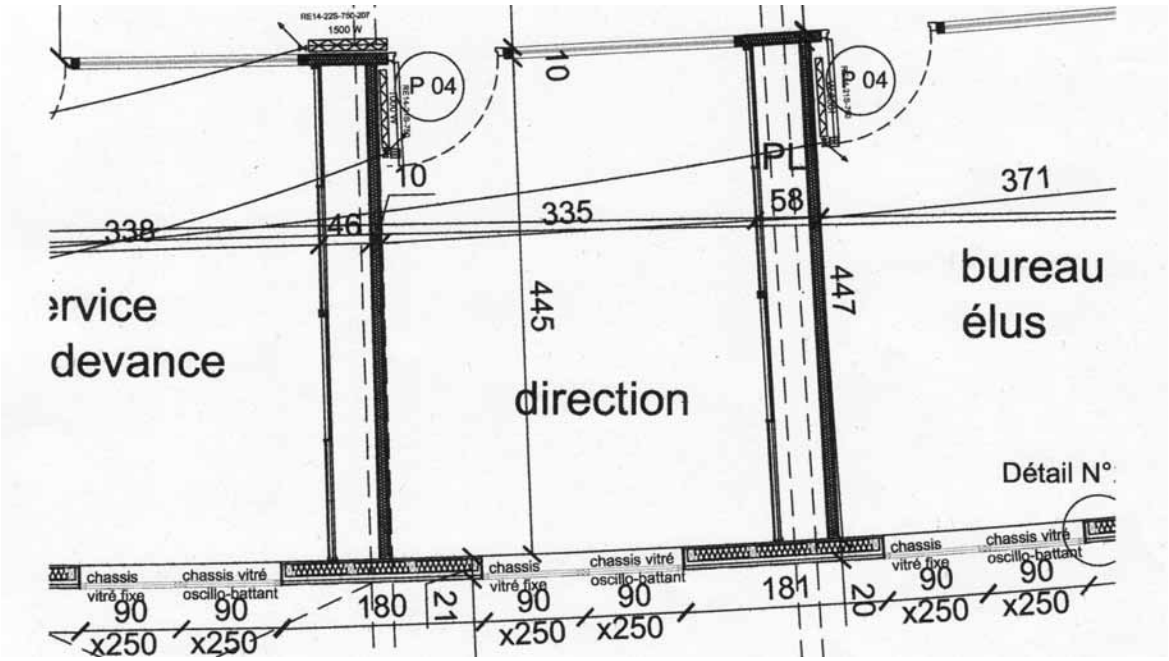


NB : les dimensions de la section des pannes sont en cm, alors que leurs longueurs sont en m.

Plan de rez-de-chaussée



Plan du bureau de la Direction



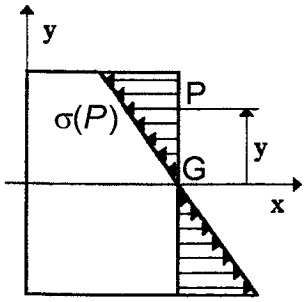
Tournez la page S.V.P.

Document technique 3 : flexion plane simple

Soit un point P situé sur la section droite passant par le point G d'abscisse x_0 de la fibre neutre.

Contrainte normale

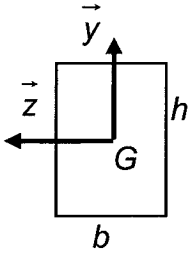
La répartition de la contrainte normale est supposée linéaire dans la section droite :



$$\sigma(P) = -y \cdot \frac{M_{fz}}{I_{Gz}}$$

avec :

- $\sigma(P)$: contrainte normale au point P (en MPa) ;
- y : distance du point P à la fibre neutre (en mm) ;
- M_{fz} : moment de flexion en G suivant $\vec{z}$ à l'abscisse x_0 (en N·mm) ;
- I_{Gz} : moment quadratique de la section (en mm^4) avec $I_{Gz} = \frac{b \times h^3}{12}$.

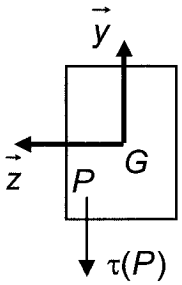


Remarques :

- les fibres au dessus de G $(y > 0)$ se raccourcissent (compression) et celles en dessous de G $(y < 0)$ s'allongent (traction) ;
- la contrainte normale est maximale pour le point le plus éloigné de la fibre neutre ($y = y_{max}$) mais aussi à l'abscisse x_0 où M_{fz} est maxi ;
- la contrainte normale est nulle sur la fibre neutre.

Contrainte tangentielle

La répartition de la contrainte tangentielle est supposée uniforme dans la section droite ($\tau(P)$ = constante) :



$$\tau(P) = \frac{3 \cdot |T_y|}{2 \cdot S}$$

avec

- $\tau(P)$, contrainte tangentielle au point P (en MPa) ;
- T_y, effort tranchant suivant $\vec{y}$ (en N) ;
- S, surface de la section droite (en mm²) (section cisaillée).

Conditions de résistance inspirées de l'Eurocode 5

Critère de résistance au niveau de la contrainte normale : $\frac{\sigma_{max}}{0{,}72 \cdot f_{m,k}} \leq 1$

Critère de résistance au niveau de la contrainte tangentielle : $\frac{\tau_{max}}{0{,}72 \cdot f_{v,k}} \leq 1$

Avec, pour du bois Lamellé Collé de classe GL 24 homogène :

- $f_{m,k}$ = 24 MPa résistance caractéristique vis-à-vis de flexion ;
- $f_{v,k}$ = 2,7 MPa résistance caractéristique vis-à-vis du cisaillement.

Document technique 4 : gisement photovoltaïque

RHEINZINK®-PV Solaire, joint debout

Dimensions	430 mm x 4000 mm
Surface de couverture	430 mm x 3000-3900 mm
Poids/m²	9,65 kg

RHEINZINK®-PV Solaire : pour joint debout et tasseaux

Le système RHEINZINK®-PV Solaire pour joint debout et tasseaux constitue l'association optimale entre la production écologique d'énergie solaire et la technique de couverture par agrafage. Des modules en couche mince performants sont fixés durablement sur toute leur surface sur des bacs RHEINZINK®. Ceux-ci peuvent être posés sur des toitures et des façades, dans les techniques d'agrafage RHEINZINK® éprouvées, comme les systèmes à joint debout, joint angulaire et à tasseaux.

Bac RHEINZINK® préfabriqué en usine avec cellules photovoltaïques UNI-SOLAR® intégrées

Panneau solaire intégré dans le toit, sans élément de fixation supplémentaire

Technique d´agrafage éprouvée en combinaison avec la production d´énergie solaire écologique

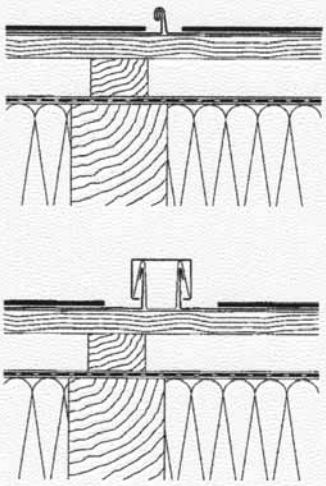
Technique d´assemblage durable sur toute la surface

Rendement énergétique élevé, même en cas de lumière diffuse ou de faible ensoleillement, grâce à la technologie de triple jonction

Pose sur toutes les toitures et sur toutes les façades

Poids : 9,65 kg/m²

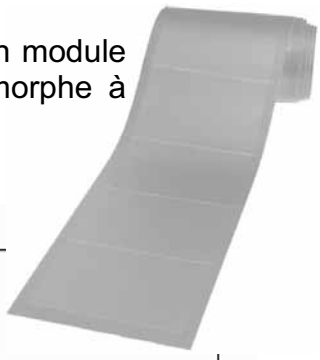
Couverture ou bardage combinés avec production d´énergie

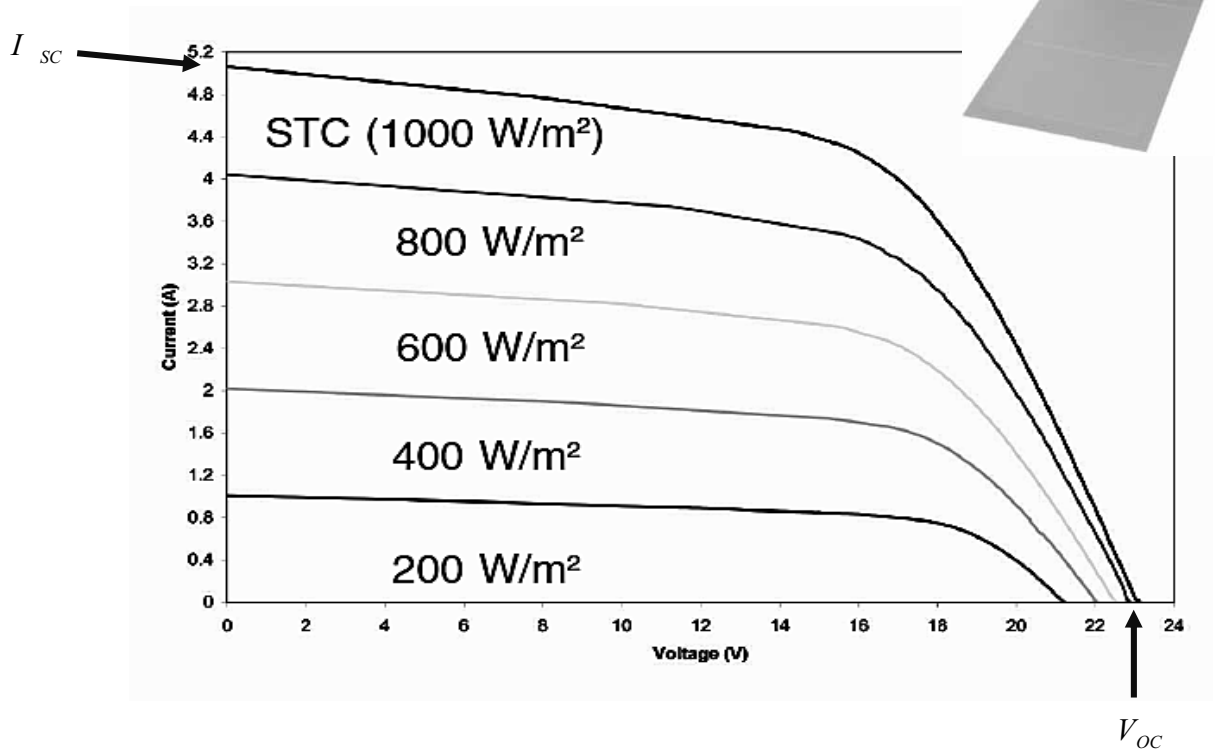


RHEINZINK

Tournez la page S.V.P.

Chaque bac de couverture « Rheinzink-PV Solaire » est doté d'un module photovoltaïque Uni-Solar PVL68 à triple jonction en silicium amorphe à couche mince, de dimensions :
2849 mm de long, 394 mm de large, 4 mm d'épaisseur





Spécifications électriques en conditions S.T.C.

(Conditions de test standard)

(1000 W/m2 , AM 1.5, température de cellule 25 °C)
Puissance nominale maximale (P_{max}) : 68 Wc
Tension pour Pmax (V_{mp}) : 16,5 V
Courant Pmax (I_{mp}) : 4,13 A
Courant de court-circuit (I_{sc}) : 5,1 A
Tension à vide (V_{oc}) : 23,1 V
Courant admissible sur le fusible : 8 A

Spécifications électriques en conditions N.O.C.T.

(Température nominale des cellules en mode de fonctionnement)
(800 W/m2, AM 1.5, vent de 1 m/sec.)
Puissance nominale maximale (P_{max}) : 53 Wc
Tension pour Pmax (V_{mp}) : 15,4 V
Courant Pmax (I_{mp}) : 3,42 A
Courant de court-circuit (I_{sc}) : 4,1 A
Tension à vide (V_{oc}) : 21,1 V
NOCT : 46 °C

Coefficients de température

(pour AM 1,5, intensité de rayonnement 1000W/m2)

Coefficient de température de Isc : 0,001/°K(0,10%/°C)
Coefficient de température de Voc : -0,0038/°K(-0,38%/°C)
Coefficient de température de Pmax : -0,0021/°K(-0,21%/°C)
Coefficient de température de Imp : 0,001/°K(0,10%/°C)
Coefficient de température de Vmp : -0,0031/°K(-0,31%/°C)

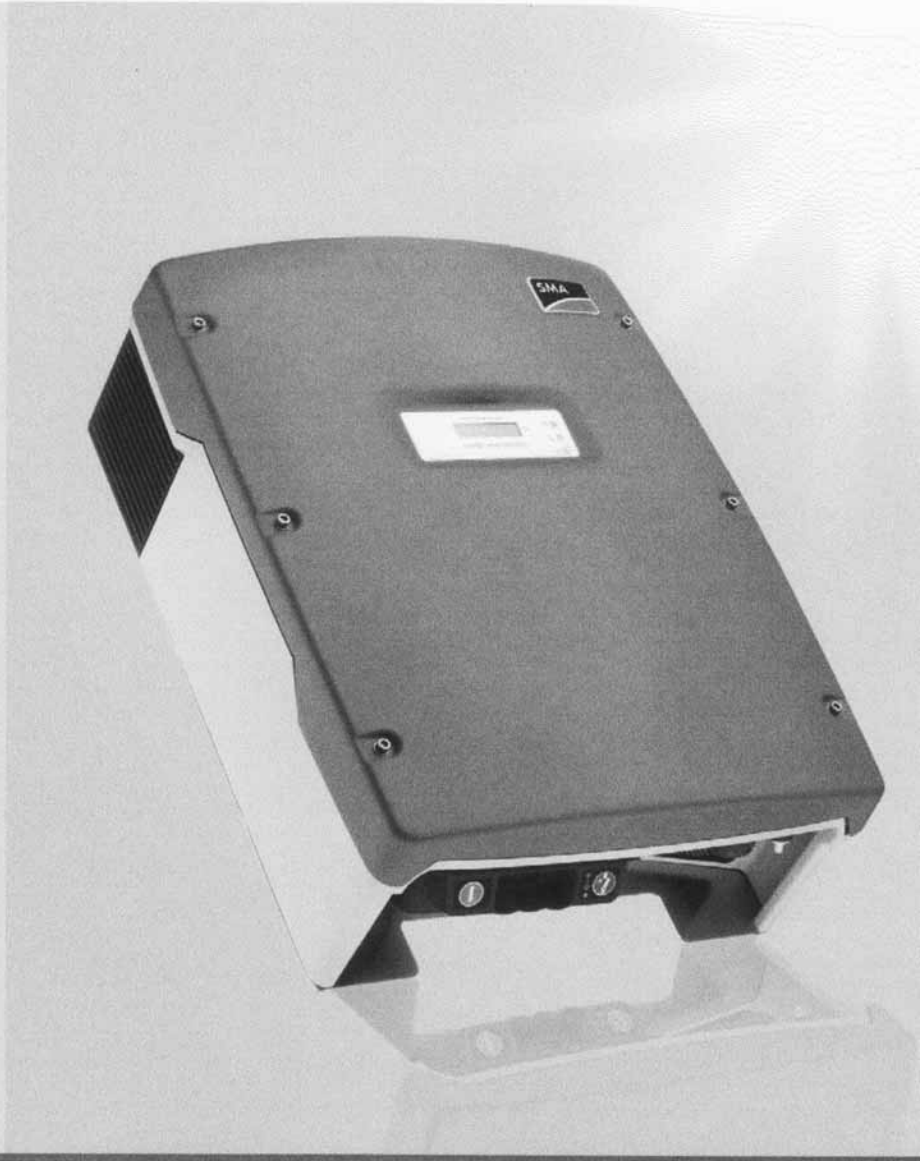
y = y référence.[1+TC.(T-T référence)]

SMC 4600A / SMC 5000A / SMC 6000A

Performant
> Gestion active de la température OptiCool
> Recherche du point de puissance maximale optimisée grâce à la régulation OptiTrac MPP

Sûr
> Séparation galvanique
> Interrupteur sectionneur DC intégré ESS
> SMA Power Balancer pour le raccordement au réseau triphasé

Souple
> Convient parfaitement à la mise à la terre du générateur



SUNNY MINI CENTRAL

Idéal pour les systèmes triphasés

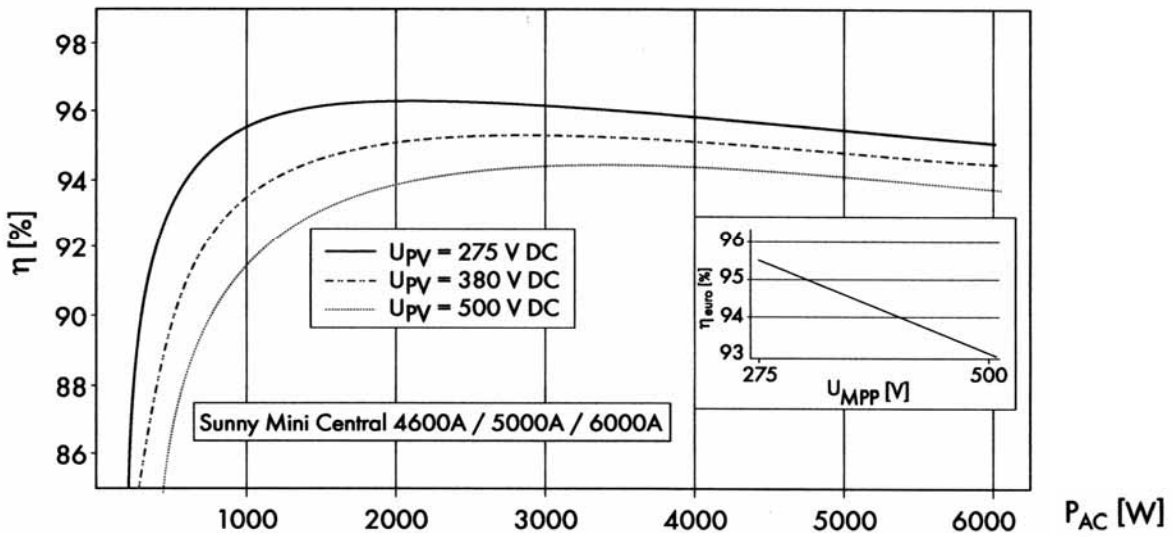
Les Sunny Mini Central 4600A, 5000A et 6000A séduisent surtout par leur rendement exceptionnel. Ils alimentent le réseau électrique public de façon fiable, avec des rendements énergétiques optimaux. Leurs classes de puissance échelonnées leur confèrent ainsi une flexibilité maximale lors du dimensionnement. Ils se prêtent aussi bien à une utilisation dans les installations de petite taille qu'à la réalisation de grandes centrales de plusieurs centaines de kilowatts. Les onduleurs Sunny Mini Central peuvent être utilisés avec des cellules cristallines comme avec des panneaux à couche mince.

		SMC 4600A	SMC 5000A	SMC 6000A
Caractéristiques du raccordement pour le générateur PV				
Tension d'entrée max.	$U_{PV\,0}$	600 V [a] (se rapportant à une température de cellule de -10 °C)		
Tension d'entrée, plage MPP	U_{PV}	246 V ... 480 V DC		
Courant d'entrée max.	$I_{PV\,max}$	26 A	26 A	26 A
Puissance d'entrée max.	P_{DC}	5250 W	5750 W	6300 W
Ondulation de tension	U_{pp}	< 10 % de la tension d'entrée		
Autoconsommation en service		< 7 W		

a) La tension à vide maximale pouvant survenir à une température de cellule de -10 °C ne doit pas dépasser la tension d'entrée maximale.

Caractéristiques du raccordement au réseau				
Puissance de sortie nominale	P_{ACnom}	4600 W	5000 W	6000 W
Puissance crête de sortie	P_{ACmax}	5000 W	5500 W	6000 W
Courant nominal de sortie	I_{ACnom}	20 A	21,7 A	26 A
Courant de sortie max.	I_{ACmax}	26 A		
Ampérage maximal du fusible		40 A		
Coeff. dist. harm. du courant de sortie (pour T_{HD} < 2 %, P_{AC} > 0,5 P_{ACnom})	K_{IAC}	< 4 %		
Tension de service nominale	U_{ACnom}	220 V / 230 V / 240 V		
Plage de tension (plage de travail réglable)	U_{AC}	180 V ... 265 V		
Fréquence de service nominale	f_{ACnom}	50 Hz / 60 Hz		
Plage de fréquence (plage de travail réglable)	f_{AC}	50 Hz : 45,5 Hz ... 54,5 Hz 60 Hz : 55,5 Hz ... 64,5 Hz		
Facteur de puissance (en puissance de sortie nominale)	cos phi	1		
Catégorie de surtension		III		
Tension de contrôle (50 Hz)		2 kV		
Tension de choc de contrôle		4 kV (interface sérielle : 6 kV)		
Autoconsommation en service de nuit		0,25 W		

Courbe de rendement



CABLES SOLAIRES PHOTOVOLTAÏQUES EXZHELLENT SOLAR ZZ-F - 0,6/1 kV

CE

Documents de normalisation :
Guide UTE C 15-712 (février 2008) : Guide pratique - Installations photovoltaïques
Guide UTE C 32-502 (Novembre 2008) : Guide pour les câbles utilisés dans les systèmes photovoltaïques

Tension assignée :

En courant alternatif : 0,6/1 kV.
En courant continu : 1,8 kV

Utilisation

Très bon	•		•	•	•	•	•	
Bon		•						•
Moyen								

Ces câbles unipolaires sont destinés à la connexion des panneaux solaires photovoltaïques entre eux et à leur connexion aux onduleurs. Ils peuvent être utilisés en courant continu et en courant alternatif.

Modes de pose courants

- Ces câbles sont posés à l'air libre sous les panneaux solaires, éventuellement sur chemins de câbles
- Ils sont également utilisés entre les boîtes de jonction ou tableaux de générateurs photovoltaïques et l'onduleur correspondant.
- Ils sont soumis aux conditions atmosphériques et aux hautes températures (sous les panneaux).

Spécification / Construction

- Ame en cuivre étamé, classe 5 selon NF EN CEI 60228
- Enveloppe isolante en élastomère sans halogène réticulé
- Gaine en élastomère sans halogène réticulé

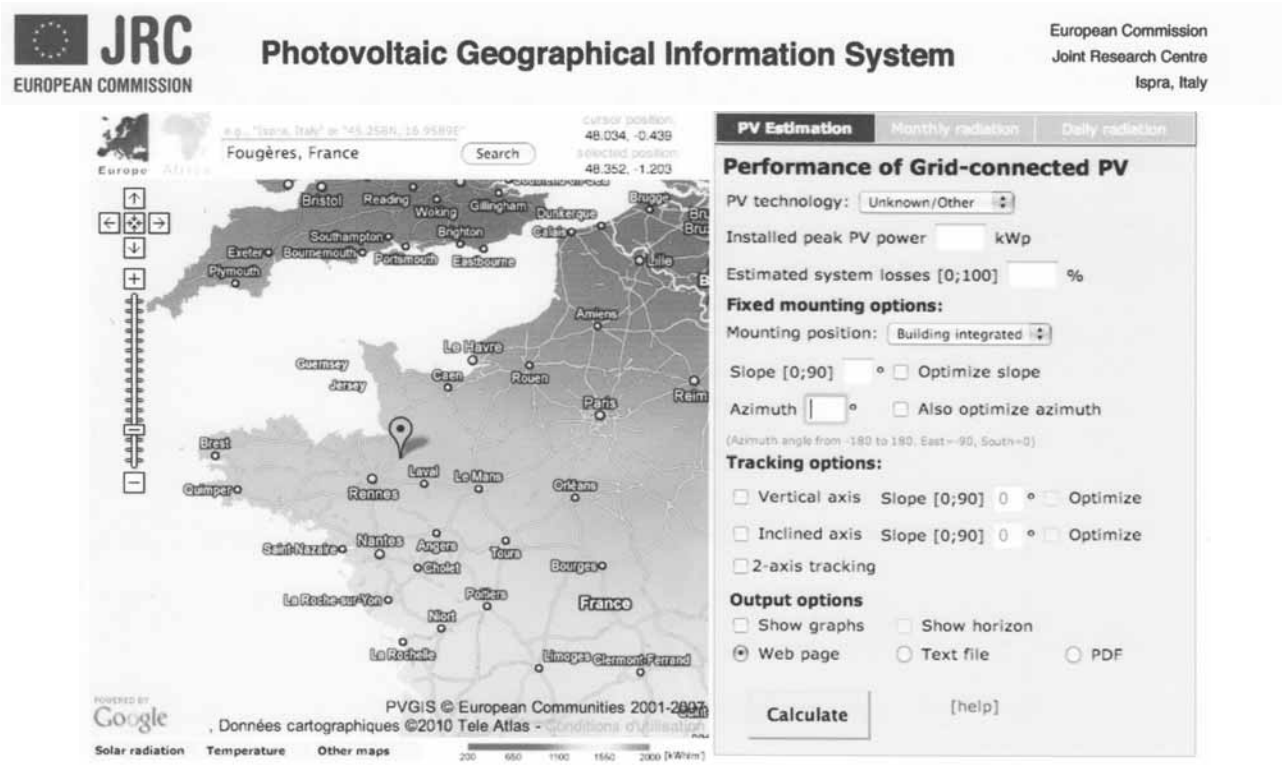
Température maximale admissible sur l'âme

- en permanence : 90 °C
- en fin de court-circuit : 250 °C

Caractéristiques générales

Diamètre extérieur approximatif	Masse linéique approximative	Modèle	Intensité admissible * $T_{âme}$ = 60°C $T_{ambiante}$ = 30°C	Chute de tension en courant continu $T_{âme}$ = 90°C
mm	kg/km		A	V/A.km
4,3	35	**1 x 1,5**	22	17,47
5	50	**1 x 2,5**	30	10,47
5,6	65	**1 x 4**	40	6,49
6,3	85	**1 x 6**	51	4,32
7,9	140	**1 x 10**	70	2,49

Tournez la page S.V.P.



Performance of Grid-connected PV

PVGIS estimates of solar electricity generation

Location: 48°21'8" North, 1°12'10" West, Elevation: 116 m a.s.l.,

Nominal power of the PV system: 82.0 kW (thin film)
Estimated losses due to temperature: 8% (generic value for areas without temperature information or for PV modules
Estimated loss due to angular reflectance effects: 3.8%
Other losses (cables, inverter etc.): 9.5%
Combined PV system losses: 19.9%

	Fixed system: inclination=4 deg., orientation=0 deg.			
Month	**Ed**	**Em**	**Hd**	**Hm**
Jan	62.00	1920	0.98	30.5
Feb	115.00	3220	1.80	50.3
Mar	192.00	5940	2.95	91.4
Apr	277.00	8320	4.24	127
May	330.00	10200	5.03	156
Jun	369.00	11100	5.63	169
Jul	369.00	11400	5.63	175
Aug	318.00	9850	4.85	150
Sep	237.00	7120	3.64	109
Oct	142.00	4390	2.20	68.1
Nov	81.30	2440	1.28	38.5
Dec	50.50	1570	0.81	25.0
Year	212.00	6460	3.26	99.2
Total for year		77500		1190

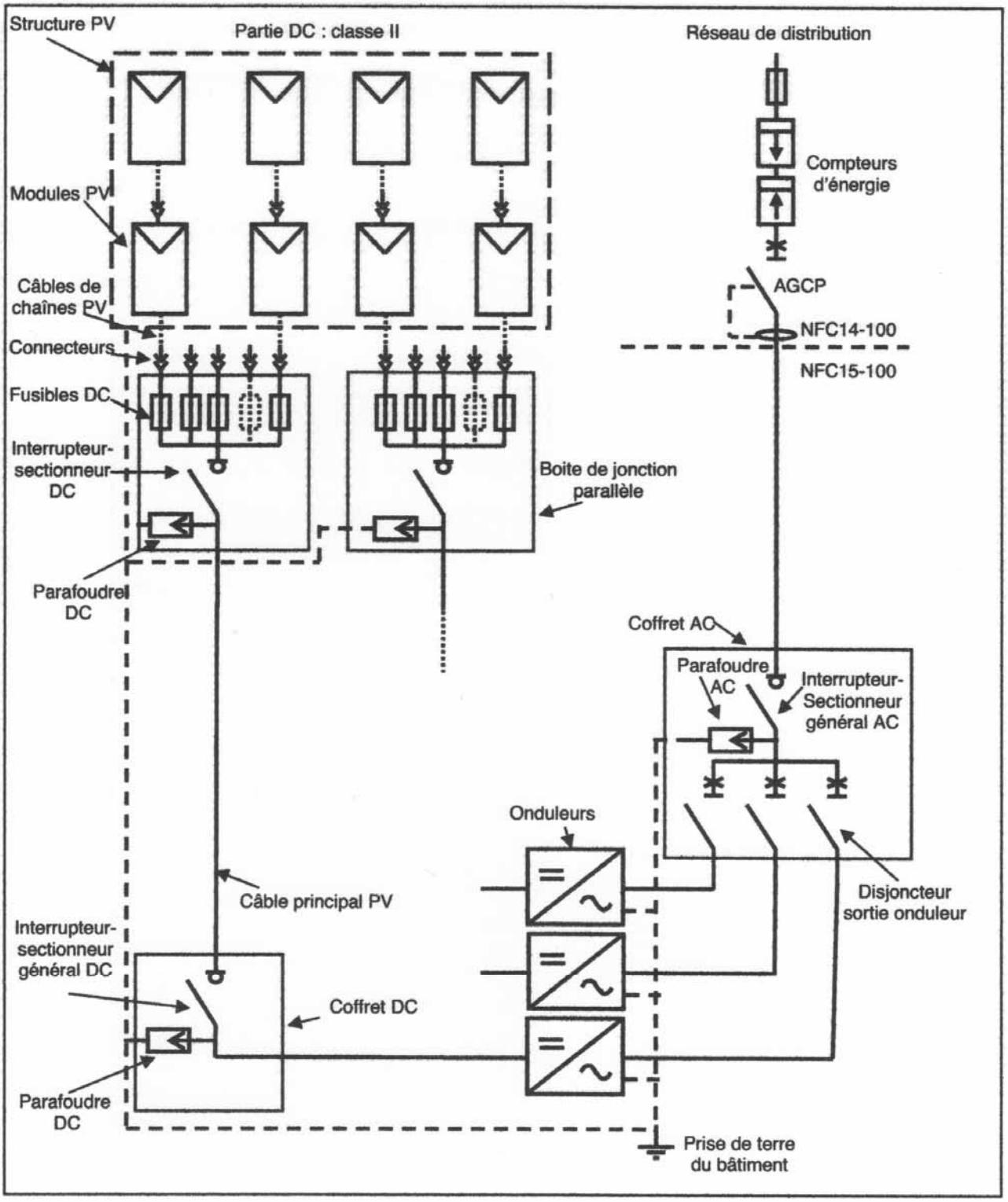
Ed: Average daily electricity production from the given system (kWh)

Em: Average monthly electricity production from the given system (kWh)

Hd: Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m2)

Hm: Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m2)

Document technique 5 : installation photovoltaïque



Exemple de schéma synoptique d'une installation PV raccordée au réseau BT (3 onduleurs monophasés < 12 kVA disposant de la norme VDE 0126-1-1)

SOURCE : Syndicat des énergies renouvelables / ADEME

Tournez la page S.V.P.

Document technique 6 : chaudière à bois déchiqueté

Constitution et implantation

Les chaudières automatiques à bois sont apparues récemment sur le marché. Elles bénéficient d'un haut degré d'automaticité. L'alimentation en air et en combustible est régulée automatiquement, ce qui assure une combustion optimale, un rendement optimisé et des émissions de polluants réduites.
L'autonomie dépend de la capacité de stockage.
Le système équipant les chaudières est formé de trois parties :

- le stockage du combustible (silo) ;
- l'extraction du silo (désilage) et le transport du combustible par vis sans fin reliant le stockage à la chaudière ;
- la chaudière où se développe la combustion.

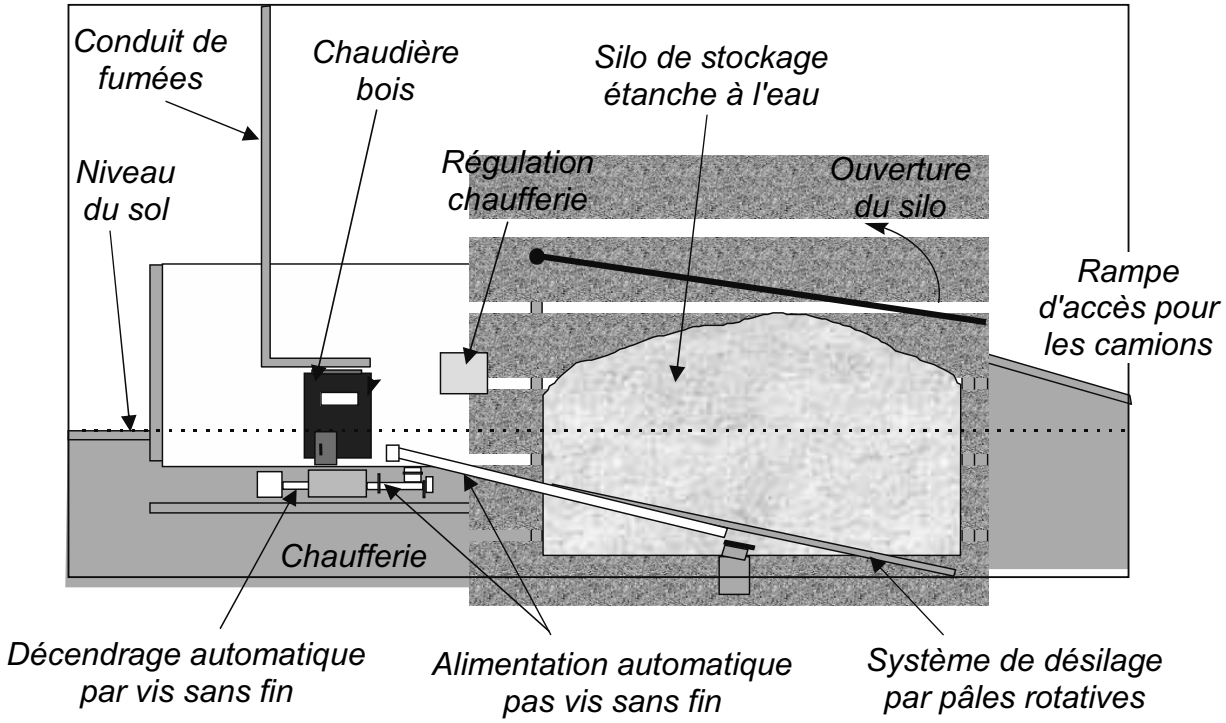


Schéma de principe d'implantation de la chaufferie

Les plaquettes sont faites de bois déchiqueté. Elles sont obtenues par broyage de branches ou d'arbres forestiers ou bocagers. Les plaquettes mesurent de 1 à 5 cm de longueur. Suivant leur degré de séchage, leur valeur énergétique varie de 2 500 à 3 900 kW·h/t.

Évolutions

A terme, la déchetterie valorisa le bois non traité et les tailles collectées pour produire du combustible pour sa chaudière bois. Un broyeur permettra de transformer les déchets en combustibles. Un hangar de stockage sera également à prévoir pour permettre les 6 mois de séchage des copeaux avant utilisation.

Principe de fonctionnement de la chaudière

Le bois, acheminé automatiquement jusqu'au foyer de la chaudière, brûle. La chaleur du feu (1 200 °C) est transmise vers un échangeur à tubes parcourus d'eau. Cette eau chaude (60 °C) est ensuite acheminée dans les radiateurs ou dans le ballon d'eau chaude sanitaire, où elle restitue sa chaleur, tandis que les fumées (140 °C) s'échappent vers le conduit.

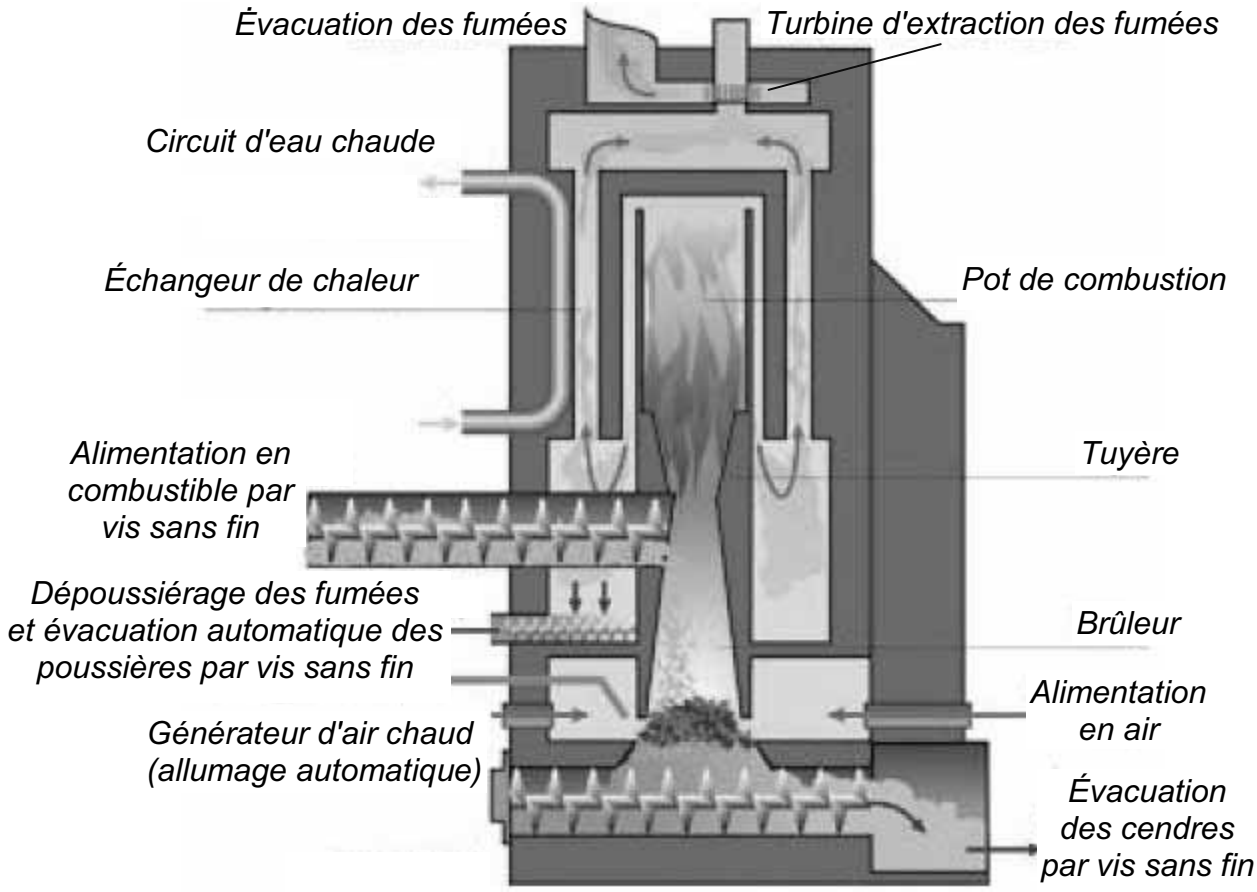


Schéma simplifié (Source : ADEME)

Catalogue des chaudières Turbomatic de marque Fröling

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES		TMC 28	TMC 35	TMC 48	TMC 55
Plage de puissance calorifique	[kW]	8,4 - 28	10,5 - 35	14,4 - 48	16,5 - 55
Branchement électrique		400 V/50 Hz / protégé par fusible 20 A			
Puissance électrique	[W]	430	430	430	430
Poids de la chaudière (approx.)	[kg]	600	600	750	750
Capacité en eau de la chaudière	[l]	114	114	185	185
Pression de service autorisée	[bars]	3	3	3	3
Température de service autorisée de la chaudière	[°C]	95	95	95	95
Température de retour minimum	[°C]	55	55	55	55

Tournez la page S.V.P.

Document technique 7 : façade Lucido®

Lucido® est une façade solaire, qui se compose de l'extérieur vers l'intérieur : d'un verre solaire, d'une lame d'air ventilée par des ouvertures hautes et basses, d'un panneau absorbant en bois et d'un mur isolant en fibre de bois. La façade utilise l'énergie solaire, récupérée et stockée par le système, comme source naturelle de chauffage.

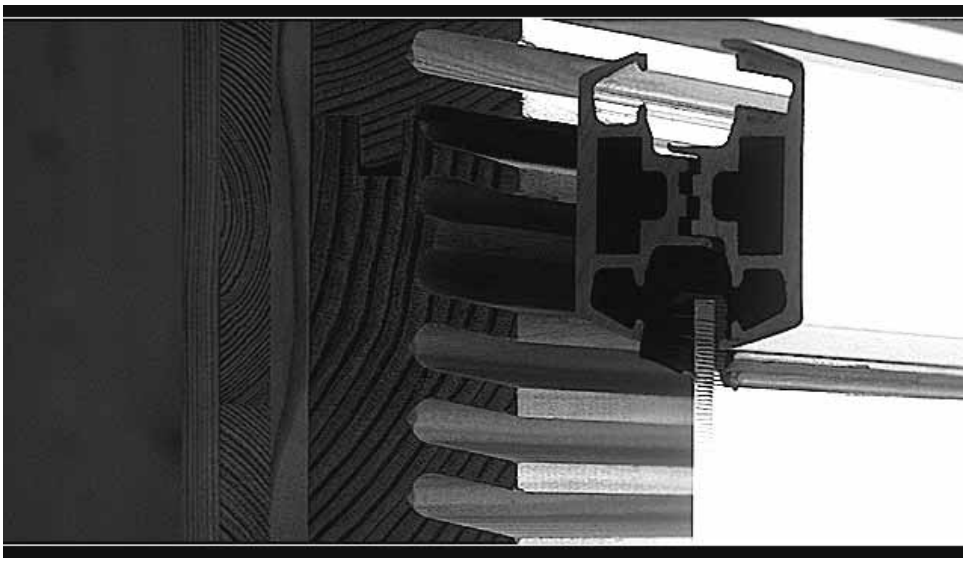
La particularité du système réside dans la constitution du panneau absorbant en bois. Sa façade tournée vers l'extérieur est structurée en lamelles inclinées vers le bas de 12,5 ° par rapport à l'horizontale.

En été, le verre solaire réfléchit une partie de l'énergie superflue du soleil. L'orientation des lamelles minimise la surface de bois qui absorbe le rayonnement du soleil quand celui-ci est haut (les cavités sont ombragées). La convection thermique de la lame d'air limite l'échauffement.

En hiver au contraire, les lamelles inclinées vont absorber le moindre rayon solaire à travers les verres prismatiques (jusqu'à 92 % de captage), qui sont moins réfléchissants lorsque les rayons solaires incidents sont plus bas. L'intégralité du mur se réchauffe lentement. Après 4 à 12 heures, la chaleur a traversé l'épaisseur du mur et dans la soirée, la chaleur arrive à l'intérieur du bâtiment. L'énergie accumulée dans le bois et dans l'isolant sera rejetée à l'intérieur du bâtiment durant la nuit et ralentira le refroidissement de pièce.

Le verre solaire protège la paroi des intempéries. La structure lamellaire du bois vue à travers le verre solaire, offre un aspect esthétique à la façade.

L'épaisseur totale du panneau absorbant en bois est de 40 mm. Les lamelles occupent la moitié de l'épaisseur. Le verre est un verre Sécurit de 4 mm, séparé des lamelles par une lame d'air de 16 mm. L'isolant est constitué de 160 mm de laine de bois. La finition du mur intérieur est faite par des plaques de gypse (Fermacell) d'épaisseur 12,5 mm.



Calcul des pertes thermiques dues à la transmission par les parois

Quand une paroi sépare deux milieux placés à des températures différentes, il se produit un échange thermique du milieu le plus chaud vers le milieu le plus froid. Ce transfert est caractérisé par le coefficient *U*.

L'énergie thermique E_{TH} (en W·h) qui traverse pendant le temps t (en h), une paroi de surface S (en m^2), de coefficient U (en $W/(m^2 \cdot °C)$), soumise à une différence de température ΔT (en °C) peut être calculée par :

$$E_{TH} = U \cdot S \cdot \Delta T \cdot t$$

Le coefficient U est déterminé d'après la résistance thermique R_{TH} (en $m^2 \cdot °C/W$) de la paroi et les coefficients d'échange thermique superficiel sur les faces intérieure h_i et extérieure h_e par :

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} + R_{TH}}$$

En France, les coefficients d'échange thermique superficiel sont donnés par le tableau :

Type de paroi	h_i en $W/(m^2 \cdot °C)$	h_e en $W/(m^2 \cdot °C)$
Verticale	9,1	16,7
Horizontale (extérieur en haut)	11	20
Horizontale (extérieur en bas)	5,9	20

La résistance thermique d'une paroi est déterminée par le matériau qui constitue la paroi. Ce matériau est caractérisé par sa conductivité thermique λ (en $W/(m^2 \cdot °C)$), et par l'épaisseur e de la paroi (en m) :

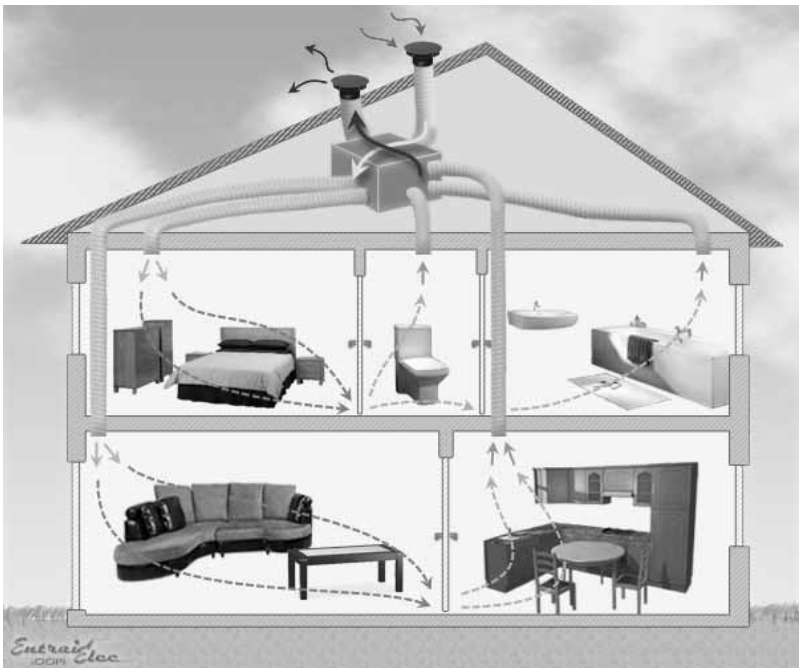
$$R_{TH} = \frac{e}{\lambda}$$

Si une paroi est constituée de plusieurs matériaux, la résistance thermique totale est la somme des résistances thermiques de chaque couche constituant la paroi.

Document technique 8 : principe d'une VMC double flux

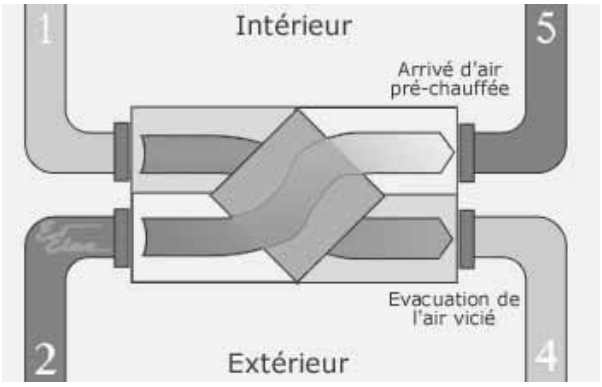
Exemple d'installation d'une VMC double flux standard pour maison d'habitation.

Source : http://entraidelec.com/



Plus de grilles d'arrivée d'air frais aux fenêtres et aux portes ! C'est le groupe de ventilation qui viendra aspirer et insuffler l'air extérieur dans le bâtiment, récupérant au passage une bonne partie des calories présentes dans l'air vicié (pollué et humide) qui est chassé.

À aucun moment l'air frais et l'air vicié ne sont mélangés. Ils passent par un échangeur de calories. Le principe est le même qu'un radiateur de voiture ou de ceux situés à l'arrière des réfrigérateurs ou congélateurs.
Dans le cas des radiateurs, il s'agit d'échangeurs air/eau. Le liquide de refroidissement d'un véhicule passe en circuit fermé dans les parois du moteur et absorbe ses calories. Le liquide passe ensuite entre les fines lames du radiateur, qui échangera ses calories avec l'air passant entre les lames.



Les groupes double flux sont eux des échangeurs air/air. L'air chaud évacué passe comme dans le cas d'un radiateur entre de fines lames creuses dans lesquelles passera l'air soufflé dans le bâtiment.

Environ 60 % des calories sont ainsi récupérées et réinjectées dans le bâtiment. Les gains en économies de chauffage sont estimés à 15 % par rapport aux VMC simple flux classiques.

De plus, cette solution permet de rafraîchir le bâtiment par surventilation nocturne (free cooling) et d'assurer le confort thermique d'été des occupants.

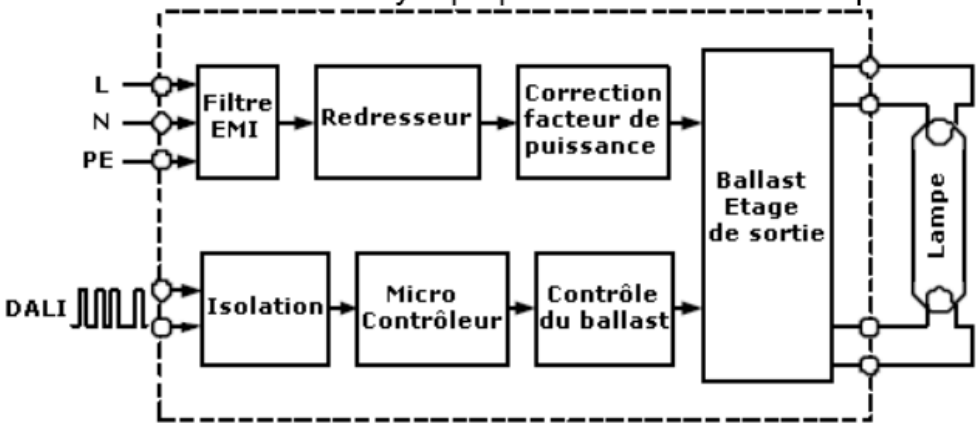
En contre partie, le groupe est plus cher et un second réseau de ventilation pour les arrivées d'air devra être créé, … Enfin, les gaines utilisées devront être isolées, contrairement aux VMC « classiques ».

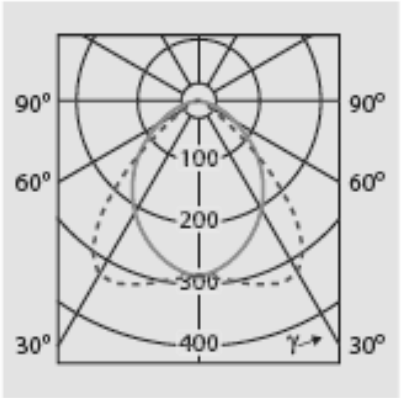
Document technique 9 : éclairage

Tube fluorescent Philips Master TL5

Type HE Haute Efficacité,
Puissance consommée : 14 W
Teinte : 840
Flux lumineux à 25 °C : 1200 lm (lumen).

Synoptique du ballast électronique



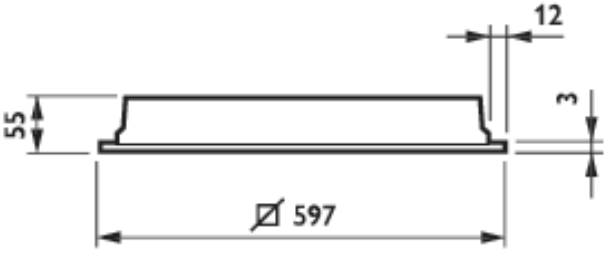


*UGR_R < 16 (acc. EN12464-1)

Luminaire encastré EFix

TypeTBS260, carré
Lampes : 3 Master TL5
Ballast : électronique 230 V / 50 Hz

Optique : OLC C6, en aluminium grand brillant de qualité élevée à ventelles 3D. Cette optique a une distribution en forme delta d'angle +/-30 °, une efficacité élevée, et répond à la norme EN12464-1 en terme d'éblouissement.



Dimensions en mm.

Tournez la page S.V.P.

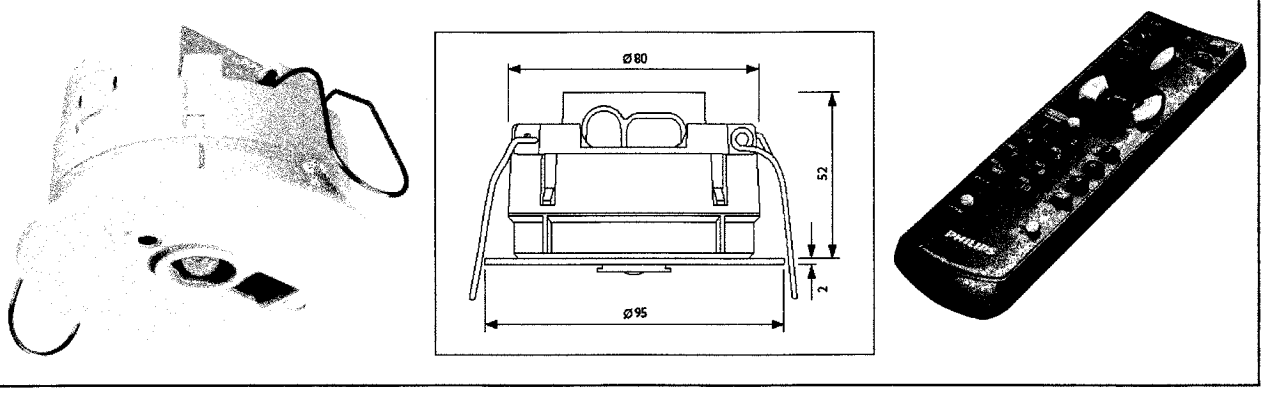
Définitions de photométrie

La quantité de lumière visible émise par une source lumineuse est appelée flux lumineux, se note Φ et s'exprime en lumen (lm).

L'éclairement (niveau d'éclairage) E reçu par une surface, s'exprime en lux et se calcule à partir du flux incident Φ (en lumen) et de la surface éclairée S (en m^2) par la formule :

$$E = \frac{\Phi}{S}$$

Module OccuPlus à intégrer dans le plafond et télécommande associée



Protocole DALI (Digital Addressable Lighting Interface)

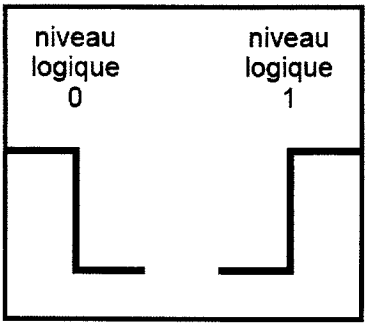
L'interface DALI permet de gérer une installation d'éclairage par l'intermédiaire d'un bus de commande à deux fils.

La technologie numérique utilisée par DALI permet :

- de contrôler individuellement 64 luminaires adressables pouvant être regroupés pour constituer jusqu'à 16 groupes ;
- de commander précisément l'intensité lumineuse (gradation de 0,1 % à 100 % du flux lumineux par courbe logarithmique) ;
- de mémoriser 16 ambiances d'éclairement, de connaître l'état de l'installation (état des tubes...).

Ce bus utilise un protocole standard (norme IEC 6092). La longueur d'une ligne DALI ne doit pas dépasser 300 m.

Les données sont transmises sous forme série (MSB en premier, LSB en dernier), à une vitesse de 1200 bit/s soit 833 µs/bit.
Les bits sont codés à l'aide du code Manchester : le 0 correspond à un front descendant et le 1 correspond à un front montant. L'état haut est de 16 V et l'état bas de 0 V.



En absence de communication, le bus est à l'état haut.

Trame DALI : Le contrôleur (console B.M.S. ou autre) envoie une **requête** vers le ballast, puis reçoit s'il y a lieu, une **réponse** de celui-ci. Le contrôleur attend cette réponse pendant 9,17 ms.

La requête contient 19 bits : 1 bit de start + 1 octet d'adresse + 1 octet de donnée + 2 bits de stop.

La réponse contient 11 bits : 1 bit de start + 1 octet de donnée + 2 bits de stop.

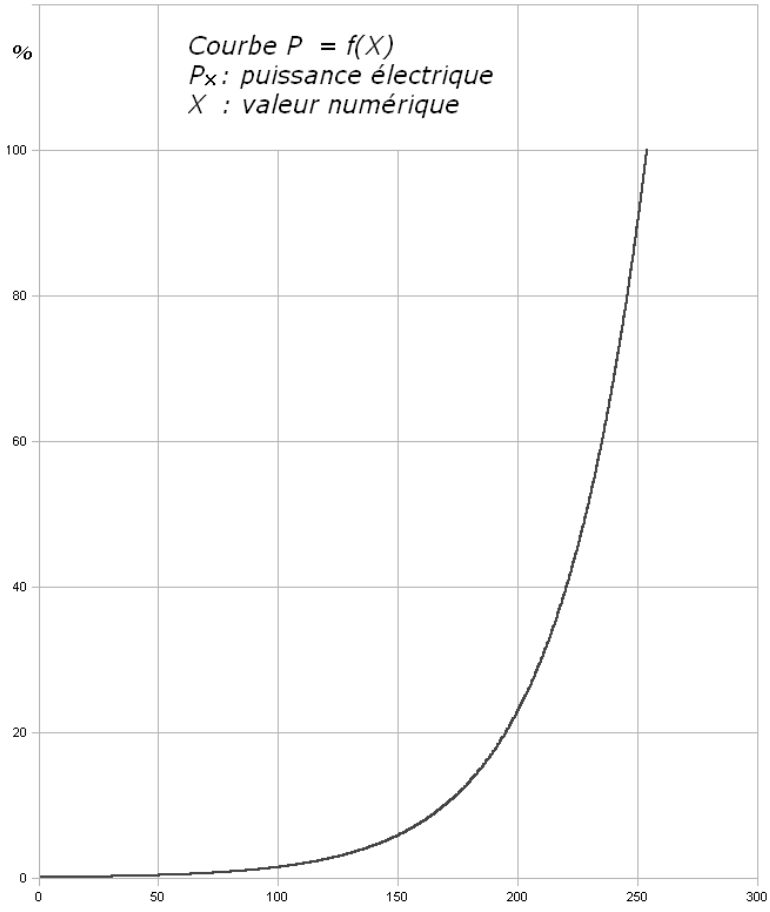
Le bit de start est un 1 logique. Le bit de stop est un niveau haut pendant 1,67 ms.

Adresse : Si le premier bit de l'octet d'adresse est à 0, il s'agit de l'adresse individuelle d'un luminaire.
Si les trois premiers bits de l'octet d'adresse sont 1 0 0, il s'agit d'une adresse de groupe de luminaire.
Si les sept premiers bits de l'octet d'adresse sont à 1, il s'agit d'un broadcast (commande envoyée à l'ensemble des luminaires). Le dernier bit de l'octet d'adresse à 0 indique que la donnée qui suit est une valeur de variation de lumière, sinon il s'agit d'une commande.

Exemple : adresse du groupe de luminaire n°3 (0011) suivi d'une valeur de variation :

1	0	0	0	0	1	1	0

Donnée : S'il s'agit d'une valeur de variation de lumière, l'octet de donnée correspond à une valeur numérique qui détermine la puissance lumineuse. La correspondance est donnée par la courbe ci-dessous dont la forme logarithmique permet d'obtenir une bonne précision pour les faibles puissances.



Exemples :

Pour une puissance d'éclairage de 50 %, la valeur numérique de variation de lumière est 230, soit :

1	1	1	0	0	1	1	0

S'il s'agit d'une commande, l'octet de donnée indique une action que le ballast doit effectuer.

La commande "OFF" d'extinction est codée :

0	0	0	0	0	0	0	0

La commande "Query Lamp Failure", demandant de procéder à un test des tubes est codée :

1	0	0	1	0	0	1	0

Tournez la page S.V.P.

Document technique 10 : récupération d'eau de pluie

Principe d'une installation de récupération d'eau de pluie

Le principe de la récupération d'eau de pluie permet de réduire les consommations d'eau potable lorsqu'elles ne sont pas nécessaires, préservant ainsi la ressource en eau. Ce système de rétention d'eau permet de résoudre les problèmes liés aux eaux de ruissellement (inondations, surdimensionnement du réseau de collecte…), tout en gagnant en autonomie et en économie.

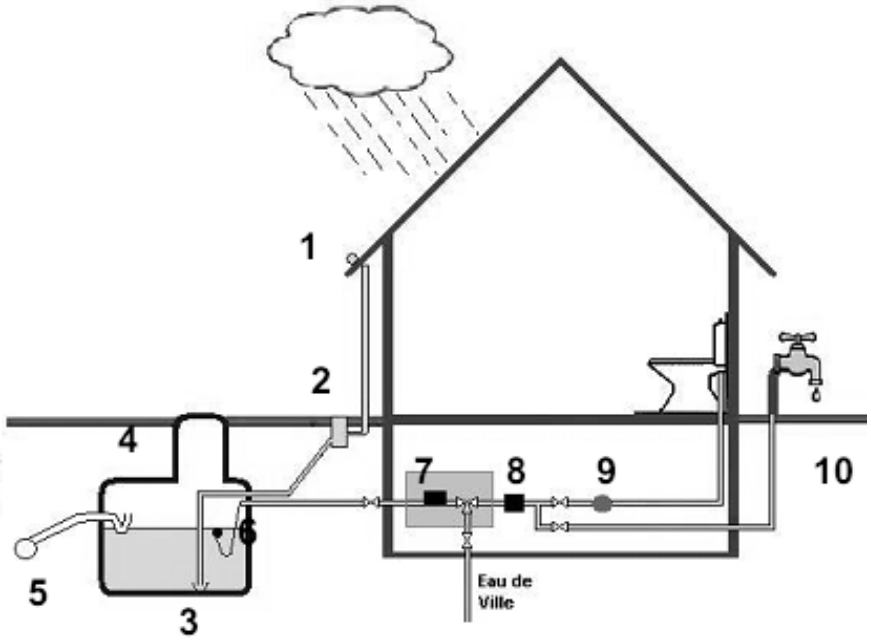


Schéma d'installation type d'un système de récupération d'eau de pluie

1- Crapaudine pour stopper les feuilles avant l'entrée dans la gouttière.

2- Système de filtration (< 80 microns).

3- Entrée en cuve « eau tranquille ».

4- Cuve de stockage eau de pluie (3 à 6 m^3).

5- Trop-plein vers réseau d'évacuation eau pluviale ou puisard, avec clapet anti-retour et grille anti-rongeurs.

6- Prise d'eau avec une crépine flottante.

7- Groupe avec pompe, disconnecteur et vanne 3 voies raccordée au réseau d'eau de ville (le passage se fait quand le niveau d'eau est trop bas dans la cuve grâce à un détecteur de niveau permettant ainsi une alimentation continue)

8- Système de filtration (+/- 10 microns)

9- Compteur d'eau

10- Réseau d'eau récupérée spécifique (arrosage du jardin et WC)

Source : ADEME

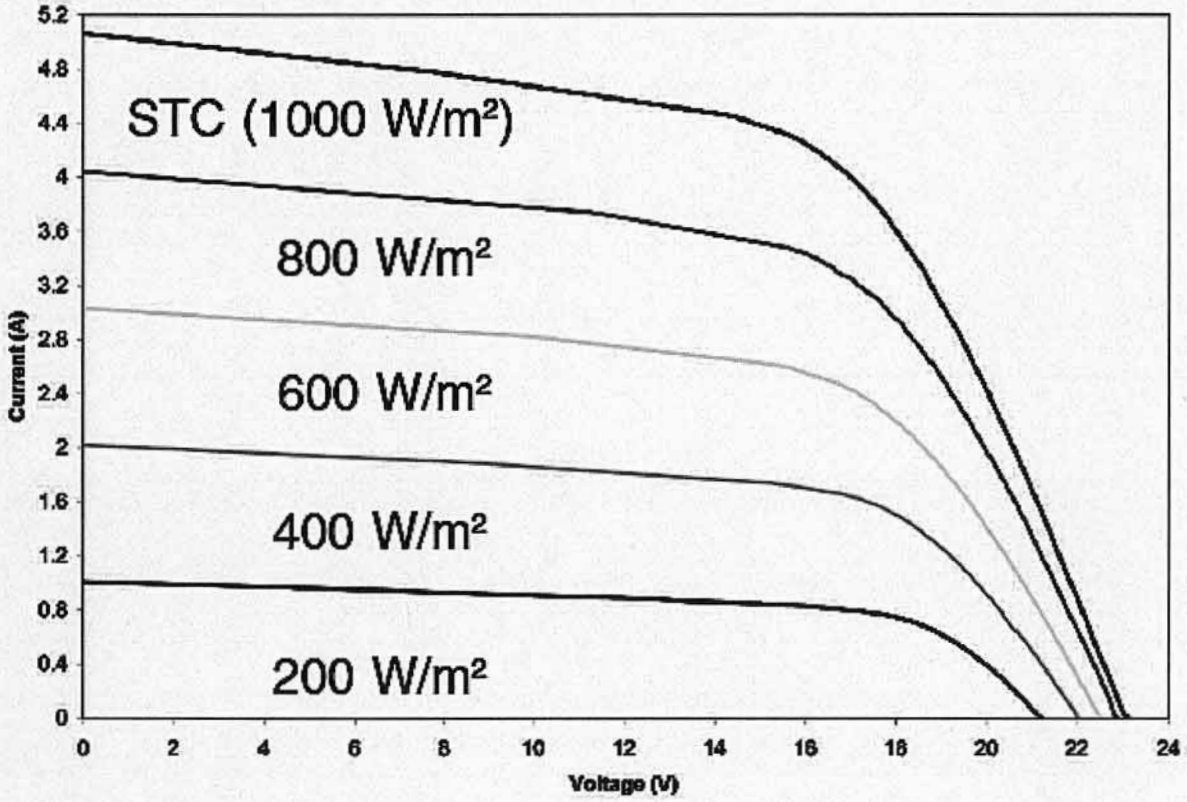
DOCUMENTS RÉPONSES

D

Tournez la page S.V.P.

Document réponse 1

Gisement photovoltaïque



Éclairage

Document réponse 2

Étude technico-économique des solutions de chauffage au 15/01/2010

	Symbole	Unité	Écrire dans cette colonne les relations permettant de déterminer les valeurs dans les trois colonnes de droite	Bois déchi-queté	Gaz Naturel	Électricité
Besoin chauffage	Bes_{CH}	kW·h/(m^2·an)		28		
Besoin Eau Chaude	Bes_{EC}	kW·h/(m^2·an)		3		
Surface de Référence Énergétique	*SRE*	m^2		784		
Besoin thermique total	Bes_{TOT}	kW·h/an				
Prix de l'énergie consommée	$P_{ÉNERGIE}$	c€/kW·h		2,1	7,2	11,4
Coût brut de l'investissement (installation)	C_{BINV}	€		35000	9000	2000
Subventions ADEME sur l'investissement	*Sub*	%		45	0	0
Prix de l'emprunt (intérêt + frais de dossier + assurance)	$P_{EMPRUNT}$	%		50		
Durée de l'amortissement	*Dur*	an		15		
Coût de l'énergie annuelle consommée	$C_{ÉNERGIE}$	€/an				
Coût net de l'investissement (coût brut - subventions)	C_{NINV}	€				
Coût de l'emprunt (intérêt + frais de dossier + assurance)	$C_{EMPRUNT}$	€				
Coût de l'entretien et la maintenance	C_{ENT}	€/an		400	200	50
Coût total annuel (installation + consommation) pour un amortissement sur 15 ans	$C_{TOTAL/AN}$	€/an				
Coût global sur 15 ans	C_{GLOBAL}	€				

Conclusion :