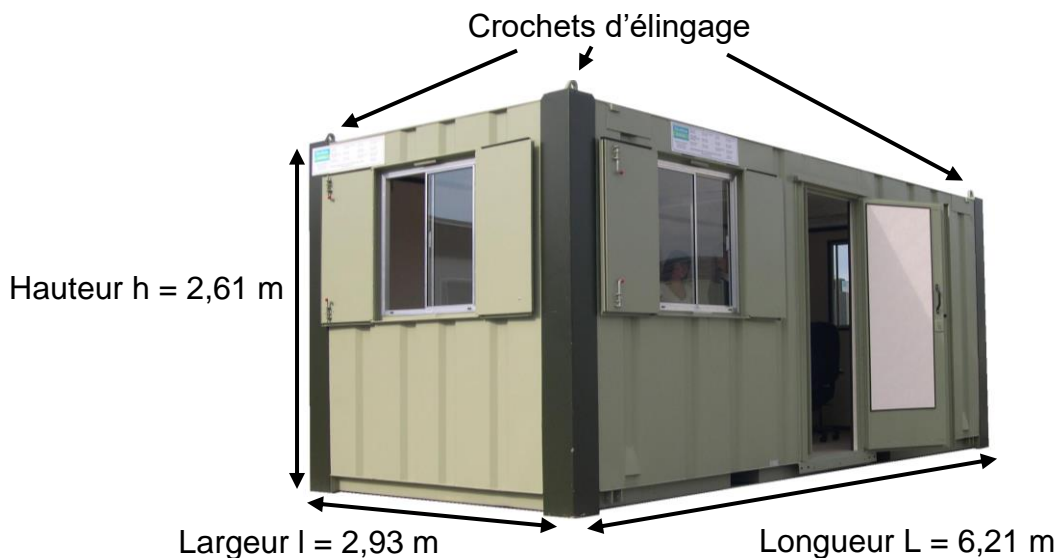


2I2D Enseignement Spécifique

Architecture et constructions

Solar Impulse 2

Étude d'un bungalow technique



Constitution du sujet :

- **Dossier sujet et questionnement** Pages 26 à 31

Dans la partie spécifique, vous devez choisir de traiter la partie C (choix 1) ou la partie E (choix 2). Les autres parties A, B et D sont à traiter obligatoirement.

- **Dossier technique**..... Pages 32 à 42

Mise en situation

A l'image de la caravane du Tour de France, le Solar Impulse est suivi de près par tout un cortège de techniciens et ingénieurs pour permettre les réparations entre chaque étape.

Pour leur permettre de travailler dans de bonnes conditions, et surtout avec tous les outils nécessaires (ordinateur, logiciels, documents, instruments...), deux bungalows techniques font partie de ce cortège. La dernière étude portera sur les solutions retenues pour permettre un travail optimal de l'équipe, quelles que soient les conditions extérieures.

Travail demandé

L'étude suivante porte sur la prise en compte du confort de l'équipe technique (2 fois 7 personnes) travaillant dans l'un des deux bungalows techniques très similaires. Seuls les équipements spécialisés varient. Les différentes études ne seront menées que sur l'un d'entre eux.

Partie A : Comment choisir l'éclairage du bungalow technique ?

La première étape porte sur le choix des luminaires. Deux modèles ont été pré-retenus :

- PHILIPS TCS165 4xTL5-14W HFP M1/840 (tubes néon)
- PHILIPS SM120V W20L120 1xLED27S/840 (LED)

Les 3 derniers chiffres indiqués sur le modèle du luminaire correspondent au code normalisé par les fabricants indiquant les caractéristiques vis-à-vis de la réglementation liée au confort visuel.

Question A.1

DT S1

Commenter les choix des luminaires des points de vue de l'IRC et de la température de couleur à l'aide du DT S1.

Question A.2

DT S2, DT S3

Justifier la conformité réglementaire des deux simulations à partir du DT S2 et du DT S3.

Question A.3

DT S2, DT S3

Étudier et **commenter** les deux résultats de simulation et **choisir** la solution la plus adaptée, à partir du DT S2 et du DT S3.

Partie B : Comment réduire les apports en froid du climatiseur ?

La deuxième étape porte sur les confort respiratoire et thermique. Le but est de justifier l'intérêt de la climatisation dans le bungalow et d'en déterminer sa puissance de froid. Elle permet de réduire la température et de ne pas dépasser un taux d'humidité de 50 %.

Question B.1

DT S4, DT S5

Choisir, à partir des DT S4 et DT S5, parmi les sensations d'inconfort liées au climat ci-après, celles auxquelles l'équipe technique sera soumise durant le tour du monde :

- Chaleur ou fraîcheur
- Humidité ou aridité

Question B. 2

DT S6, DT S7

Expliquer en quoi cet inconfort peut être nuisible à la santé de l'équipe à partir de la réponse précédente et des DT S6 et DT S7.

Question B.3

Justifier l'utilisation de la climatisation dans les bungalows techniques.

Les apports par les parois, ou transfert de chaleur par conduction, ont été déterminés grâce au tableau du DT S9.

Question B.4

DT S8, DT S9

Commenter et **expliquer** les pourcentages obtenus des apports de chaque surface par rapport aux apports totaux à partir des documents DT S8 et DT S9.

Proposer une solution pour réduire ces apports.

Choix 1

Partie C : Comment choisir un climatiseur ?

La puissance de froid nécessaire peut être déterminée en calculant les apports thermiques du bungalow. En effet, elle doit équilibrer les apports en chaleur qui sont de plusieurs sortes :

- Apports par les parois : $A_{\text{parois}} = \Sigma(U \times S \times \Delta T)$ [W] (voir DT S9)
- Apports aérauliques : $A_{\text{aéro}} = 0,34 \times \text{débit de ventilation} \times \Delta T$ [W]
- Apports par ponts thermiques : $A_{\text{PT}} = 10 \% A_{\text{parois}}$ [W]
- Apports par les occupants : $A_{\text{occupants}} = 80 \text{ W}$ par personne
- Apports par les installations électriques : $A_{\text{élec}} = 250 \text{ W}$
- Apports solaires : $A_{\text{solaires}} = 150 \text{ W}$

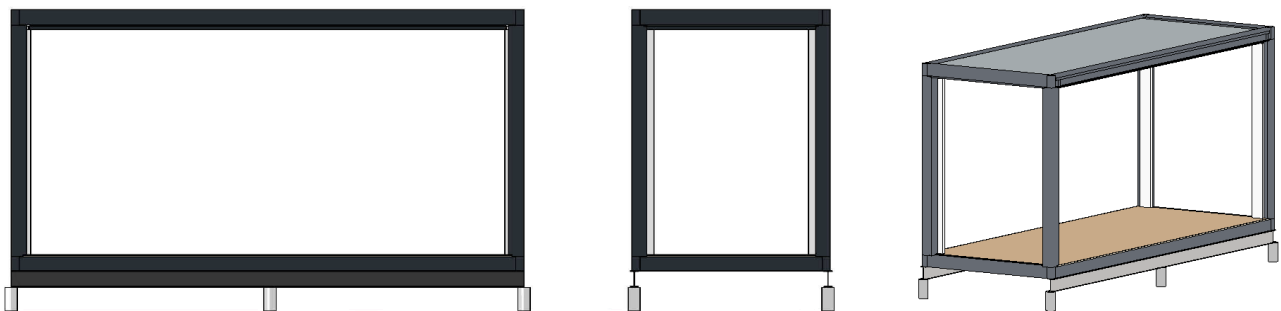
On choisit un débit de ventilation par technicien de $25 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ et on rappelle $\Delta T = 16 \text{ }^\circ\text{C}$.

| | |
|---|--|
| Question C.1 DT S9 | Calculer le débit de ventilation total d'air à renouveler par heure dans un bungalow pour les 7 techniciens et en déduire les apports aérauliques $A_{aéro}$. |
| Question C.2 DT S9 | Déterminer les apports par ponts thermiques A_{PT} et par occupants $A_{occupant}$, en prenant $A_{parois} = 1361,88 \text{ W}$. |
| La puissance de froid nécessaire est : $A_{froid} = A_{parois} + A_{aéro} + A_{PT} + A_{occupants} + A_{élec} + A_{solaires}$ | |
| Question C.3 | à l'aide des résultats précédents, déterminer la puissance de froid nécessaire au maintien des 22°C dans le bungalow A_{froid} . |
| Question C.4 DT S10 | Choisir le climatiseur le plus adéquat parmi la gamme proposée dans le DT S10. |

Partie D : Comment calculer les moments dans une poutre en flexion ?

Les bungalows techniques sont déchargés de leur moyen de locomotion (généralement le bateau) à l'aide des crochets situés aux quatre coins. Ensuite, ils prennent la route de l'aérodrome où vient d'arriver le Solar Impulse. Là, ils sont posés sur 2 poutres dans le sens longitudinal servant de support. Chaque poutre est supportée par trois plots en béton.

Ces supports sont universels et dimensionnés à partir des valeurs extrêmes de chargement.



Vues d'un bungalow et de son support

Question D.1 | **Expliquer** pourquoi il est plus judicieux de supporter les bungalows sur leur longueur plutôt que leur largeur.

On considère les efforts de vent W uniquement en toiture ($W = 1,40 \text{ kN.m}^{-2}$), de direction verticale vers le bas afin d'être les plus défavorables possible. On considère que toutes les charges se répartissent uniformément.

Question D.2 | **Déterminer**, à l'aide des données du DT S11, sur une des deux poutres support :

DT S11

- Les charges linéiques permanentes G_L
- Les charges linéiques d'exploitation Q_L
- Les charges linéiques de vent W_L

Question D.3 | **Calculer** le cas de charges aux états limites ultimes (ELU) : $P = 1,35 \times G + 1,5 \times Q + W$

Pour la suite de l'étude, on considère un cas de charges sur une poutre $P = 10 \text{ kN.ml}^{-1}$. Deux possibilités s'offrent aux constructeurs : mettre en œuvre une poutre continue sur les trois appuis ou mettre en œuvre deux poutres distinctes. Les réactions d'appuis dans les deux cas sont données dans le tableau ci-dessous :

| | | |
|---------------------------|---------------------------------|---|
| Réactions d'appuis | | |
| Moment de flexion maximum | $M_{\max} = \frac{p \ell^2}{8}$ | $M_{\max} = -\frac{p \ell^2}{8}$ $M = \frac{9}{128} p \ell^2$ |

Question D.4 | **Identifier** la mise en œuvre la moins défavorable pour les appuis. **Expliquer** pourquoi l'autre peut être considérée comme plus « sûre ».

Le choix s'est porté sur une solution avec une poutre continue (dont le poids propre est négligé) pour des facilités de mise en œuvre.

Question D.5 | **Déterminer** le moment fléchissant maximal dans la poutre $M_{f\max}$

Partie E : Comment choisir une poutre métallique aux Eurocodes soumise à de la flexion ?

Selon l'Eurocode 3 (NF EN 1993-1-1), les IPE de nuance S235 (limite d'élasticité de 235 MPa) sont de classe 1 lorsqu'ils sont fléchis. Cette classe correspond à la possibilité de déformations plastiques sans remettre en cause la stabilité d'ensemble de la structure. Le moment résistance d'un tel IPE est donné par la formule suivante :

$$M_{pl,Rd} = W_{pl,y} \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

Avec :

- $M_{pl,Rd}$ = moment résistant plastique [N.m]
- $W_{pl,y}$: module de résistance plastique en flexion [m³]
- f_y : limite d'élasticité [MPa]
- γ_{M0} : coefficient de sécurité ($\gamma_{M0} = 1$ quelle que soit la classe)

Question E.1 | **Déterminer** le module de résistance plastique en flexion nécessaire à la vérification de l'inégalité suivante permettant de dimensionner le profilé :

$$M_{fmax} < M_{pl,Rd}$$

Question E. 2 | **Choisir** parmi les profilés du DT S12 celui qui convient pour supporter les charges du bungalow

DT S12

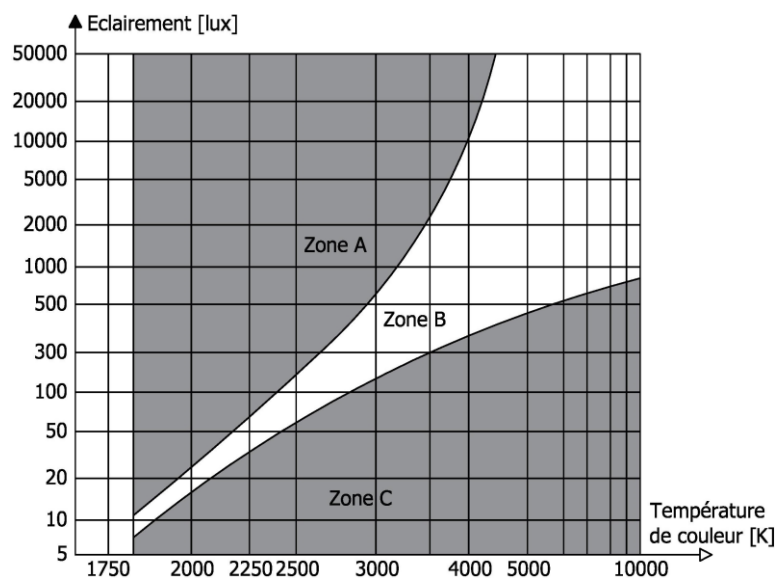
DT S1 : Normes d'éclairage

Courbe de Kruithof :

Elle décrit une zone où niveaux d'éclairage et températures de couleur sont considérés comme confortables. Les ambiances en fonction des zones sont les suivantes :

- A : Ambiance lumineuse trop chaude
- B : Zone de confort
- C : Ambiance lumineuse trop froide

L'entrée dans la courbe se fait par la valeur d'éclairage souhaitée et la zone de confort, on en déduit la plage des températures de couleurs possibles.



Code identifiant le modèle du luminaire :

IRC minimal pour assurer un certain confort : 80. IRC maximal : 100.

| Code | IRC Indice couleurs | Température de couleur Teinte de lumière |
|------|------------------------|---|
| 825 | 82 à 85 | 2500K blanc orangé |
| 827 | 82 à 85 | 2700K blanc très chaud |
| 830 | 82 à 85 | 3000K blanc chaud |
| 840 | 82 à 85 | 4000K lumière du jour |
| 930 | 92 à 98 | 3000K blanc chaud |
| 940 | 92 à 98 | 4000K lumière du jour |

Éclairages règlementaires (Emoy) :

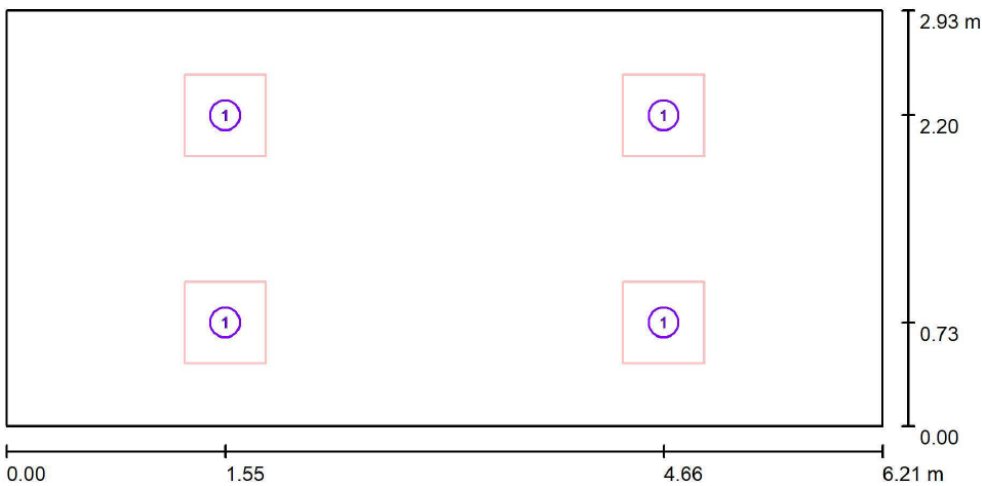
- Circulation, couloirs : 100 Lux
- Bureaux, salles de travail : 500 Lux

DT S2 : Résultats simulation éclairage TCS165

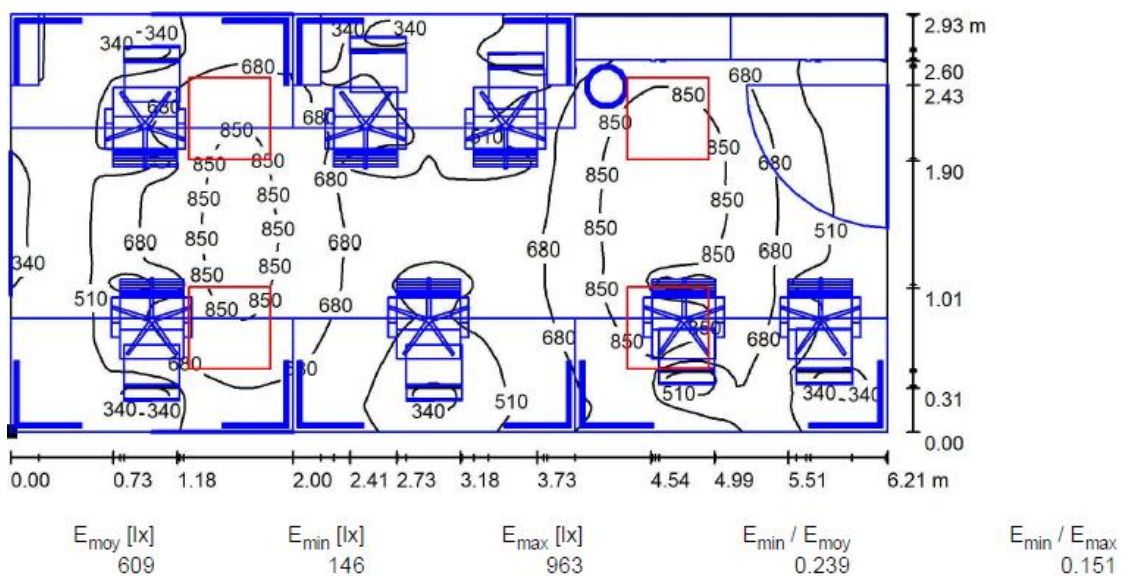
Données :

- PHILIPS TCS165 4xTL5-14W HFP M1_840
- Puissance de chaque tube : 15,75 W
- Nombre de tubes par appliques : 4
- Nombre d'appliques : 4
- Équation photométrique : 0,67 C

Plan d'implantation :



Résultats de la simulation (valeurs en Lux) :

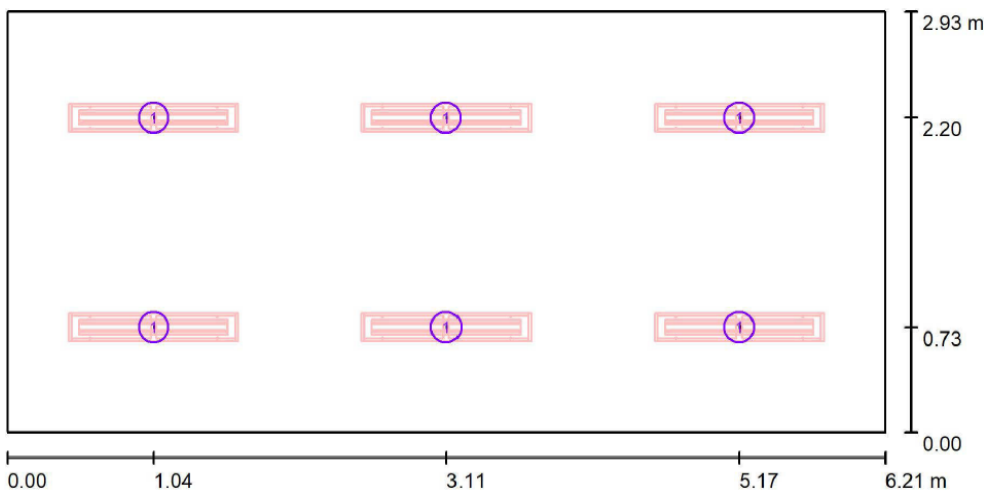


DT S3 : Résultats simulation éclairage SM120V

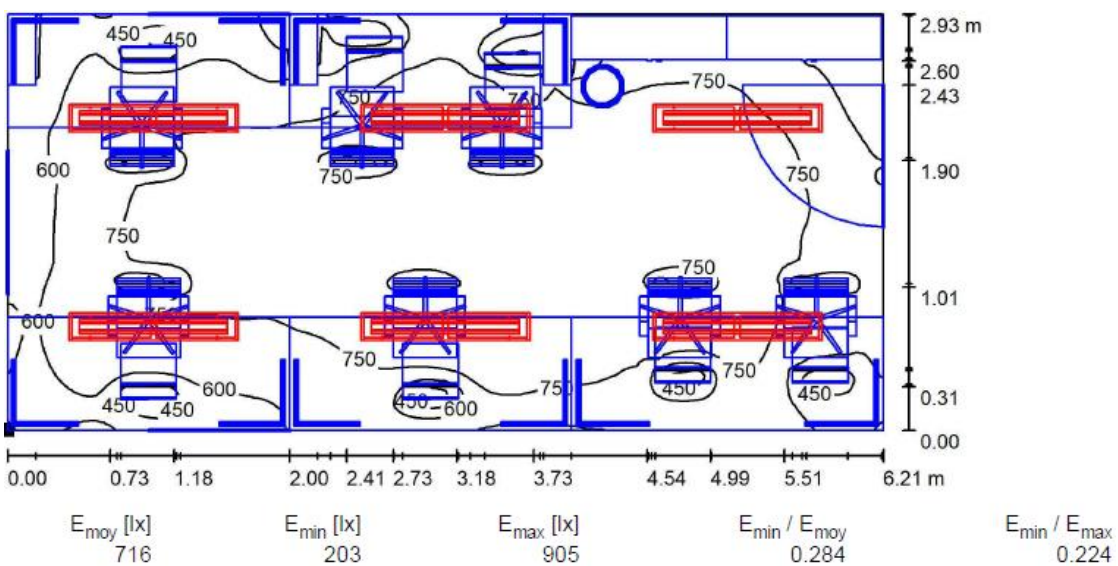
Données :

- PHILIPS SM120V W20L120 1xLED27S/840 PSD
- Puissance de chaque tube : 23,5 W
- Nombre de tube par appliques : 1
- Nombre d'appliques : 6
- Équation photométrique : 1,00 C

Plan d'implantation :



Résultats de la simulation (valeurs en Lux) :



DT S4 : Étapes du Solar Impulse 2

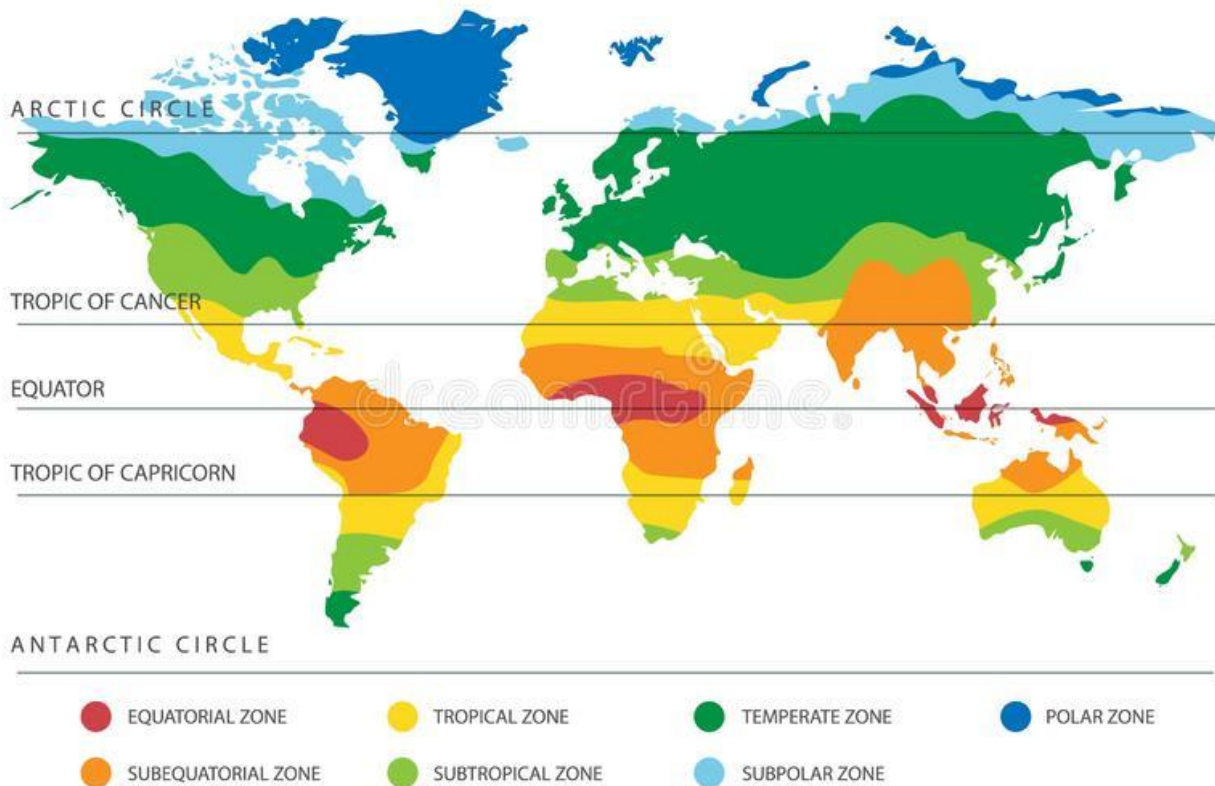
Le tour du monde de Solar Impulse 2

Départ fin février ou début mars 2015

35 000 km en 25 jours
de vol et 13 étapes



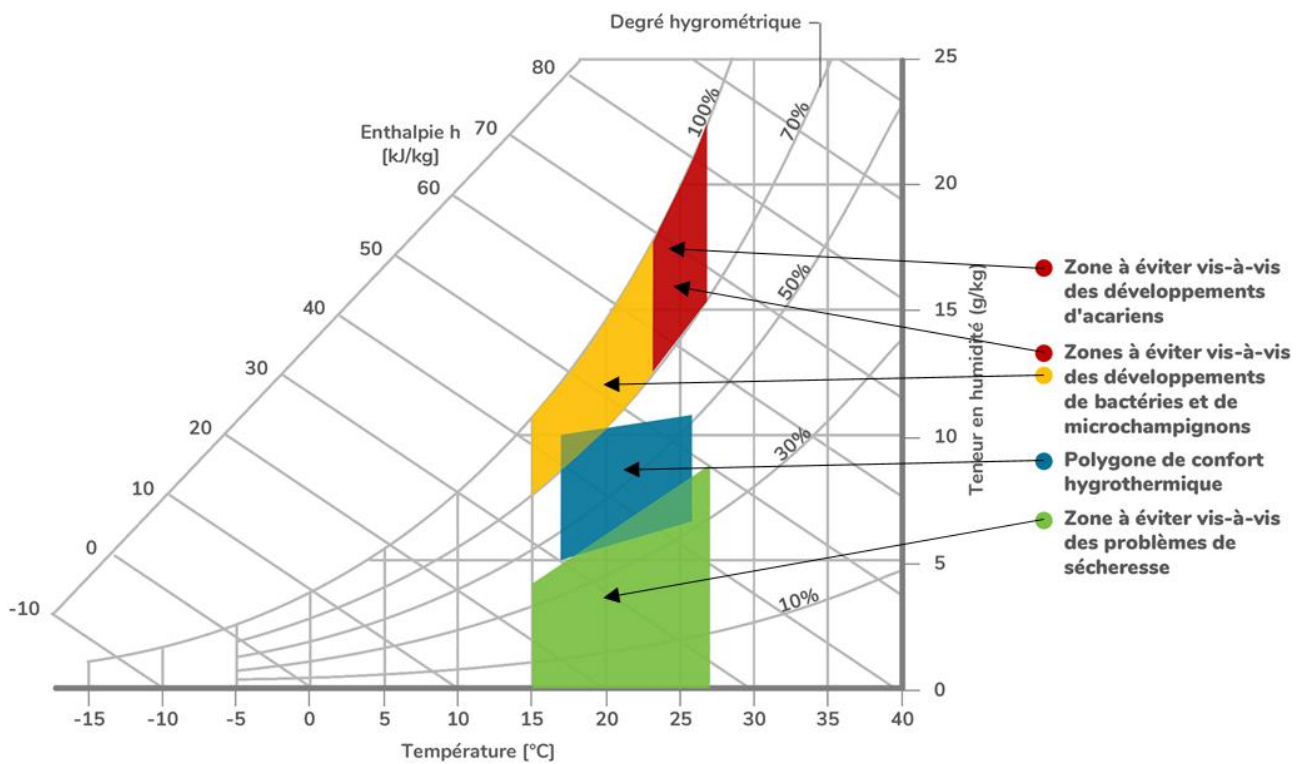
DT S5 : Climats



On peut définir les climats tropicaux et subtropicaux comme des climats non arides où la température moyenne mensuelle ne descend pas en dessous de 18 °C. Il existe une saison sèche (faibles températures, précipitations quasiment nulles) et une saison très humide (hautes températures, très fortes précipitations).

On peut définir les climats équatoriaux et subéquatoriaux comme des climats tropicaux, mais sans saison sèche. Ce climat est donc en permanence humide et peut être très chaud.

DT S6 : Diagramme de l'air humide et zones remarquables



DT S7 : Phénomènes influençant la qualité de l'air intérieur

La vapeur d'eau :

Elle est présente en permanence, et dépend de plusieurs éléments comme du corps humain, qui en rejette jusqu'à 3 litres par jour, des appareils de cuisson, des appareils d'entretien, des activités sanitaires (douches, bain, lave-linge...) ou du climat.

Les moisissures (champignons) :

Leur inhalation est dangereuse et peut causer beaucoup de désagréments (asthme, urticaire, maladies plus graves). Elles peuvent apparaître sur le bois, le plâtre, les tissus ou dans les systèmes de ventilation.

Les moisissures peuvent être inactives pendant des années et de nouveau proliférer quand les conditions sont réunies.

Les acariens :

Ils sont inoffensifs, mais leurs excréments sont allergènes. Ils sont présents partout. Ils se concentrent surtout dans les tissus (matelas, draps, vêtements...). Dans 1 g de poussière, il y a jusqu'à 1500 acariens.

Le CO₂ :

Il est naturellement émis par les êtres vivants. Dans l'air, le taux de CO₂ varie, mais il est en moyenne d'environ 380 ppm soit 0,038 %. La valeur de 0,1 % est celle admise au maximum pour les systèmes de ventilation. On peut parler de seuil de déclenchement. A partir de 4 %, les effets sur la santé peuvent être irréversibles, les bâtiments doivent être évacués. Le CO₂ est donc un gaz toxique.

Les COV :

Ce sont les Composés Organiques Volatils, provenant des solvants, de la fermentation, ou des plantes. On en trouve dans les colles, tissus, vernis, peintures, bois. Certains d'entre eux sont nocifs et causent également des troubles.

DT S8 : Formulaire de thermique

Résistance thermique :

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

Avec :

- R : résistance thermique [$\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$]
- e : épaisseur [m]
- λ : conductivité thermique [$\text{W} / \text{m} \cdot \text{K}^{-1}$]

Résistance thermique totale :

$$R_T = R_{si} + R_{se} + \sum \left(\frac{e}{\lambda} \right) + \sum (R)$$

| Sens du flux | Paroi en contact avec l'extérieur | |
|--------------|-----------------------------------|------|
| | Rsi | Rse |
| Horizontal | 0.13 | 0.04 |
| Ascendant | 0.10 | 0.04 |
| Descendant | 0.17 | 0.04 |

Avec :

- RT : résistance thermique totale de la paroi [$\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$]
- Rsi : résistance thermique superficielle d'échange intérieur [$\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$]
- Rse : résistance thermique superficielle d'échange extérieur [$\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$]
- R : résistance thermique d'un élément [$\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$]
- e : épaisseur [m]
- λ : conductivité thermique [$\text{W} / \text{m} \cdot \text{K}^{-1}$]

Coefficient de transmission thermique :

$$U = \frac{1}{R_T}$$

Avec :

- U : coefficient de transmission thermique [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$]
- RT : résistance thermique totale de la paroi [$\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$]

Flux de chaleur (A_{parois}) :

$$\phi = U \cdot S \cdot \Delta T$$

Avec :

- Φ : flux de chaleur (A_{parois}) [W]
- U : coefficient de transmission thermique [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$]
- S : surface de l'échange [m^2]
- ΔT : différence de température [K]

$$\Delta T = T_{\text{extérieure}} - T_{\text{intérieure}}$$

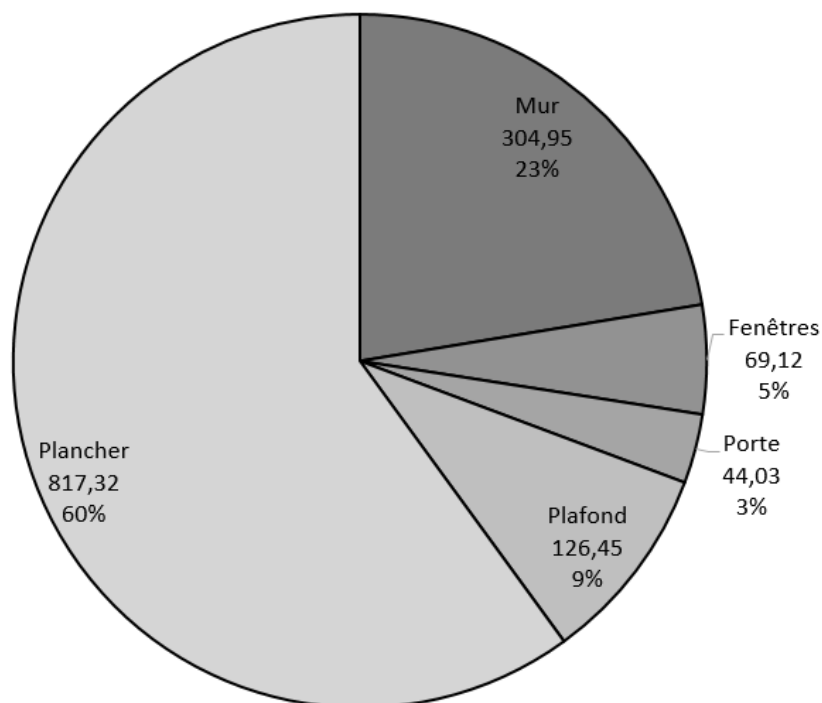
DT S9 : Etude des apports par conduction thermique

Tableau de calcul des apports thermiques par conduction dans les parois A_{parois} :

| Eléments | | Epaisseur (m) | λ (W/m.K) | R (m ² .K/W) | R _{si} (m ² .K/W) | R _{se} (m ² .K/W) | R total (m ² .K/W) | U (W/K.m ²) | Surface (m ²) | T int (°C) | T ext (°C) | ΔT (K) | Φ (W) | | | |
|---------------------|-----------|---------------|-------------------|-------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|-------------------------|---------------------------|------------|------------|----------------|------------|--|--|--------|
| Mur | Tôle ext. | 0,002 | 50,000 | 0,00004 | 0,13 | 0,04 | 2,22 | 0,45 | 42,39 | 22,00 | 38,00 | 16,00 | 304,95 | | | |
| | Isolant | 0,076 | 0,037 | 2,05405 | | | | | | | | | | | | |
| | Tôle int. | 0,002 | 50,000 | 0,00004 | | | | | | | | | | | | |
| Fenêtres (3 unités) | | / | / | / | / | / | / | 1,20 | 3,60 | | | | | | | 69,12 |
| Porte (1 unité) | | / | / | / | / | / | / | 1,60 | 1,72 | | | | | | | 44,03 |
| Plafond | Tôle ext. | 0,002 | 50,000 | 0,00004 | 0,10 | 0,04 | 2,30 | 0,43 | 18,20 | | | | | | | 126,45 |
| | Isolant | 0,080 | 0,037 | 2,16216 | | | | | | | | | | | | |
| | Tôle int. | 0,001 | 50,000 | 0,00002 | | | | | | | | | | | | |
| Plancher | CTBH | 0,019 | 0,130 | 0,14615 | 0,17 | 0,04 | 0,36 | 2,81 | 18,20 | | | | 817,32 | | | |
| | Tôle ext. | 0,002 | 50,000 | 0,00004 | | | | | | | | | | | | |
| Total : | | | | | | | | | | | | | 1361,88 | | | |

Les formules utilisées dans ce tableau sont celles décrites dans le DT S9.

Répartition des apports par conduction dans les parois :



DT S10 : Modèles de climatiseurs monobloc pour bungalows

| Modèle | Unité | ALG2.0 | ALG2.5 |
|-----------------------------|-------|----------------------------|----------------------------|
| Alimentation électrique | | 220-240V, 50Hz, 1 Ph | 220-240V, 50Hz, 1 Ph |
| Classe énergétique | | A+ | A+ |
| Puissance frigorifique | W | 2000 | 2500 |
| Puissance absorbée | W | 667 | 833 |
| Déshumidification | L/h | 0,8 | 1 |
| Puissance consommée max. | W | 1000 | 1250 |
| Câble d'alimentation | | 1,5X3/VDE | 1,5X3/VDE |
| Commande | | Manuelle + télécommande | Manuelle + télécommande |
| Gaz | | R32 / 400g | R32 / 400g |
| Niveau sonore (Int. / Ext.) | dB(A) | 51,3 / 58,7 | 51,3 / 58,7 |
| Dimensions (LxHxP) | mm | 560 x 400 x 660 | 560 x 400 x 660 |
| Poids net | kg | 43 | 43 |

| Modèle | Unité | ALG3.5 | ALG5.0 |
|-----------------------------|-------|----------------------------|----------------------------|
| Alimentation électrique | | 220-240V, 50Hz, 1 Ph | 220-240V, 50Hz, 1 Ph |
| Classe énergétique | | A+ | A |
| Puissance frigorifique | W | 3500 | 5000 |
| Puissance absorbée | W | 1167 | 1667 |
| Déshumidification | L/h | 1,2 | 2 |
| Puissance consommée max. | W | 1750 | 2500 |
| Câble d'alimentation | | 1,5X3/VDE | 1,5X3/VDE |
| Commande | | Manuelle + télécommande | Manuelle + télécommande |
| Gaz | | R32 / 500g | R32 / 500g |
| Niveau sonore (Int. / Ext.) | dB(A) | 51,3 / 58,7 | 51,3 / 58,7 |
| Dimensions (LxHxP) | mm | 560 x 400 x 660 | 560 x 400 x 660 |
| Poids net | kg | 43 | 43 |



Vue extérieure



Vue intérieure

DT S11 : Données sur le bungalow technique

Ossature :

- Poteaux et toiture galvanisés
- Plancher protection antirouille et sous-face en tôle d'acier galvanisé (épaisseur équivalente : 2 mm, $\lambda_{\text{acier}} = 50 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$)
- Laquée gris clair RAL 7035

Couverture :

- Bacs nervurés en acier revêtu alu-zinc (épaisseur équivalente : 2 mm)
- Laine de verre de 80 mm d'épaisseur avec pare-vapeur aluminium, Euroclasse A1 (équivalent M0) ($\lambda_{\text{laine de verre}} = 0,037 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$)

Plafond :

- Plafond en tôle acier prélaquée RAL 9002 avec feutre isophonique (acoustique) (épaisseur : 1 mm)
- Hauteur sous plafond : 2,50 m

Panneau :

- Épaisseur totale 80 mm
- Remplissage : laine de roche Euroclasse A1 (équivalent M0)
- Finition tôle d'acier galvanisé prélaquée gaufrée RAL 7035, intérieure et extérieure (épaisseurs : 2 mm)

Plancher (18,20 m²) :

- Revêtement de sol PVC U2SP2 (résistance thermique négligeable) (épaisseur : 3 mm)
- CTBH épaisseur 19 mm (EN312 P5) ($\lambda_{\text{CTBH}} = 0,13 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$) (les panneaux estampillés CTBH (Centre Technique du Bois, classement Humide) sont des panneaux en aggloméré de particules en bois hydrofugé ayant satisfait à des critères de résistance aux ambiances humides)
- Laine de verre de 160 mm d'épaisseur Euroclasse A1 (équivalent M0) avec tôle de protection en sous-face
- Charge d'exploitation admissible de 250 kg /m²

Fenêtres :

- PVC blanc (en aluminium laqué blanc pour les baies vitrées)
- Dimensions : 1,20 x 1,00 m
- Nombre : 3
- Double vitrage 4-15-4 trempé 2 faces
- $U_w = 1,2 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$

Porte :

- PVC blanc
- 2,15 x 0,80 m
- $U_d = 1,6 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$

Masse hors éléments d'aménagement : 2300 kg

DT S12 : Catalogue de profilés métalliques IPE

| Désignation Designation Bezeichnung g | | Dimensions Abmessungen | | Dimensions de construction Dimensions for detailing Konstruktionsmaße | | Surface Oberfläche e | | Désignation Designation Bezeichnung g | | Valeurs statiques / Section properties / Statische Kennwerte | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----|---------------------------|----------------|--|----|----------------------------|----------------|--|------|--|------------------|-------------------|---|---------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| | | | | | | | | | | axe fort y-y strong axis y-y starke Achse y-y | | | axe faible z-z weak axis z-z schwache Achse z-z | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| G | h | b | t _w | t _f | r | A | h _i | d | Ø | p _{min} | p _{max} | AL | AG | G | I _y | W _{ely} | W _{ply} ♦ | I _y | W _{ely} | W _{ply} ♦ | I _z | W _{eiz} | W _{piz} ♦ | I _z | W _{eiz} | W _{piz} ♦ | I _z | S _s | t _f | I _w |
| kg/m | mm | mm | mm | mm | mm | mm ² | mm | mm | mm | mm | mm | m ² /t | m ² /t | kg/m | mm ⁴ x10 ⁴ | mm ³ x10 ³ | mm ³ x10 ³ | mm ⁴ x10 ⁴ | mm ³ x10 ³ | mm ³ x10 ³ | mm ⁴ x10 ⁴ | mm ³ x10 ³ | mm ³ x10 ³ | mm ⁴ x10 ⁴ | mm ³ x10 ³ | mm ³ x10 ³ | mm ⁴ x10 ⁴ | mm | mm ⁴ x10 ⁴ | mm ⁶ x10 ⁹ |
| IPE 80* | 80 | 46 | 3,8 | 5,2 | 5 | 7,64 | 69,6 | 59,6 | - | - | - | 0,328 | 54,64 | IPE 80 | 6,0 | 80,14 | 20,03 | 23,22 | 3,24 | 3,58 | 8,49 | 3,69 | 5,82 | 1,05 | 20,10 | 0,70 | 0,12 | | | |
| IPE 100* | 100 | 55 | 4,1 | 5,7 | 7 | 10,3 | 88,6 | 74,6 | - | - | - | 0,400 | 49,33 | IPE 100 | 8,1 | 171,0 | 34,20 | 39,41 | 4,07 | 5,08 | 15,92 | 5,79 | 9,15 | 1,24 | 23,70 | 1,20 | 0,35 | | | |
| IPE 120 | 120 | 64 | 4,4 | 6,3 | 7 | 13,2 | 107,4 | 93,4 | - | - | - | 0,475 | 45,82 | IPE 120 | 10,4 | 317,8 | 52,96 | 60,73 | 4,90 | 6,31 | 27,67 | 8,65 | 13,58 | 1,45 | 25,20 | 1,74 | 0,89 | | | |
| IPE 140 | 140 | 73 | 4,7 | 6,9 | 7 | 16,4 | 126,2 | 112,2 | - | - | - | 0,551 | 42,70 | IPE 140 | 12,9 | 541,2 | 77,32 | 88,34 | 5,74 | 7,64 | 44,92 | 12,31 | 19,25 | 1,65 | 26,70 | 2,45 | 1,98 | | | |
| IPE 160 | 160 | 82 | 5 | 7,4 | 9 | 20,1 | 145,2 | 127,2 | - | - | - | 0,623 | 39,47 | IPE 160 | 15,8 | 869,3 | 108,7 | 123,9 | 6,58 | 9,66 | 68,31 | 16,66 | 26,10 | 1,84 | 30,34 | 3,60 | 3,96 | | | |
| IPE 180 | 180 | 91 | 5,3 | 8 | 9 | 23,9 | 164 | 146 | M 10 | 48 | 48 | 0,698 | 37,13 | IPE 180 | 18,8 | 1317 | 146,3 | 166,4 | 7,42 | 11,25 | 100,9 | 22,16 | 34,60 | 2,05 | 31,84 | 4,79 | 7,43 | | | |
| IPE 220 | 220 | 110 | 5,9 | 9,2 | 12 | 33,4 | 201,6 | 177,6 | M 12 | 60 | 62 | 0,848 | 32,36 | IPE 220 | 26,2 | 2772 | 252,0 | 285,4 | 9,11 | 15,88 | 204,9 | 37,25 | 58,11 | 2,48 | 38,36 | 9,07 | 22,67 | | | |
| IPE 240 | 240 | 120 | 6,2 | 9,8 | 15 | 39,1 | 220,4 | 190,4 | M 12 | 66 | 68 | 0,922 | 30,02 | IPE 240 | 30,7 | 3892 | 324,3 | 366,6 | 9,97 | 19,14 | 283,6 | 47,27 | 73,92 | 2,69 | 43,37 | 12,88 | 37,39 | | | |
| IPE 270 | 270 | 135 | 6,6 | 10,2 | 15 | 45,9 | 249,6 | 219,6 | M 16 | 72 | 72 | 1,041 | 28,86 | IPE 270 | 36,1 | 5790 | 428,9 | 484,0 | 11,23 | 22,14 | 419,9 | 62,20 | 96,95 | 3,02 | 44,57 | 15,94 | 70,58 | | | |
| IPE 300 | 300 | 150 | 7,1 | 10,7 | 15 | 53,8 | 278,6 | 248,6 | M 16 | 72 | 86 | 1,160 | 27,46 | IPE 300 | 42,2 | 8356 | 557,1 | 628,4 | 12,46 | 25,68 | 603,8 | 80,50 | 125,2 | 3,35 | 46,07 | 20,12 | 125,9 | | | |
| IPE 330 | 330 | 160 | 7,5 | 11,5 | 18 | 62,6 | 307 | 271 | M 16 | 78 | 96 | 1,254 | 25,52 | IPE 330 | 49,1 | 11770 | 713,1 | 804,3 | 13,71 | 30,81 | 788,1 | 98,52 | 153,7 | 3,55 | 51,59 | 28,15 | 189,1 | | | |
| IPE 360 | 360 | 170 | 8 | 12,7 | 18 | 72,7 | 334,6 | 298,6 | M 22 | 88 | 88 | 1,353 | 23,70 | IPE 360 | 57,1 | 16270 | 903,6 | 1019 | 14,95 | 35,14 | 1043 | 122,8 | 191,1 | 3,79 | 54,49 | 37,32 | 313,6 | | | |
| IPE 400 | 400 | 180 | 8,6 | 13,5 | 21 | 84,5 | 373 | 331 | M 22 | 96 | 98 | 1,467 | 22,12 | IPE 400 | 66,3 | 23130 | 1156 | 1307 | 16,55 | 42,69 | 1318 | 146,4 | 229,0 | 3,95 | 60,20 | 51,08 | 490,0 | | | |
| IPE 450 | 450 | 190 | 9,4 | 14,6 | 21 | 98,8 | 420,8 | 378,8 | M 24 | 100 | 102 | 1,605 | 20,69 | IPE 450 | 77,6 | 33740 | 1500 | 1702 | 18,48 | 50,85 | 1676 | 176,4 | 276,4 | 4,12 | 63,20 | 66,87 | 791,0 | | | |
| IPE 500 | 500 | 200 | 10,2 | 16 | 21 | 116 | 468 | 426 | M 24 | 102 | 112 | 1,744 | 19,23 | IPE 500 | 90,7 | 48200 | 1928 | 2194 | 20,43 | 59,87 | 2142 | 214,2 | 335,9 | 4,31 | 66,80 | 89,29 | 1249 | | | |
| IPE 550 | 550 | 210 | 11,1 | 17,2 | 24 | 134 | 515,6 | 467,6 | M 24 | 110 | 122 | 1,877 | 17,78 | IPE 550 | 106 | 67120 | 2441 | 2787 | 22,35 | 72,34 | 2668 | 254,1 | 400,5 | 4,45 | 73,62 | 123,2 | 1884 | | | |
| IPE 600 | 600 | 220 | 12 | 19 | 24 | 156 | 562 | 514 | M 27 | 116 | 118 | 2,015 | 16,45 | IPE 600 | 122 | 92080 | 3069 | 3512 | 24,30 | 83,78 | 3387 | 307,9 | 485,6 | 4,66 | 78,12 | 165,4 | 2846 | | | |

