

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE
Sciences et Technologies de l'Industrie et du
Développement Durable



Corrigé

PARTIE 1 – Analyse des choix technologiques du Businova

Question 1.1 (voir DR1)

Question 1.2

- Les énergies du bus hybride « classique » sont :
 - o gasoil
 - o électrique
- La source d'énergie supplémentaire de Businova est l'énergie hydraulique.

Question 1.3

Le bus Businova consomme 3 fois moins de gasoil qu'un bus classique et beaucoup moins qu'un bus hybride. Par rapport à un bus électrique, il a une autonomie suffisante pour une exploitation en « bus de ville » et possède des dimensions comparables au bus classique.

VERIFICATION DES PERFORMANCES DU PROTOTYPE PAR RAPPORT AUX CHOIX DU CONSTRUCTEUR

Question 1.4 (voir DR2)

Question 1.5

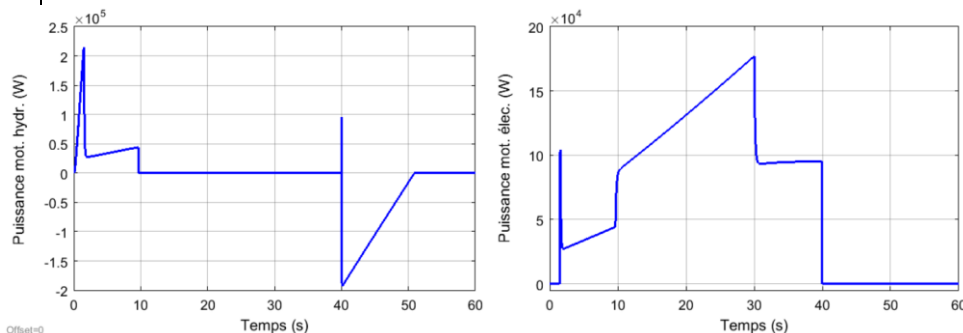
L'actionneur utilisé au tout début de la phase de démarrage est le moteur hydraulique.

Question 1.6

Pendant la phase de freinage, l'énergie cinétique est transformée en énergie hydraulique et stockée par les accumulateurs hydrauliques.

Question 1.7

Durant une partie de la phase d'accélération (entre 2 et 10 secondes), les deux énergies hydraulique et électrique sont utilisées simultanément.



- Question 1.8 | (voir DR1)
- Question 1.9 | (voir DR1)
- Question 1.10 | Dans les conditions nominales, seul le moteur électrique convient. Le moteur hydraulique supporte une surcharge de 10% pendant un temps bref donc les deux motorisations conviennent.
- Question 1.11 | La vitesse maximale atteinte est d'environ 28 km/h. Seul le moteur électrique fonctionne durant cette phase.
- Question 1.12 | Le moteur électrique fonctionne pratiquement à sa puissance maximale. Pour pouvoir accélérer, il faudrait démarrer une ou deux motorisations supplémentaires (hydraulique et/ou thermique).
- Question 1.13 | (voir DR3)
- Question 1.14 | D (électrique et thermique) ou G (électrique, hydraulique et thermique).

DIMENSIONNEMENT DES STOCKAGES ENERGETIQUES

- Question 1.15 | $E_c = 1/2 \cdot 16000 \cdot (50/3,6)^2 = 1,54 \cdot 10^6 J$ soit $E_c = 428 W \cdot h$
- Question 1.16 | Le rendement fait que l'on peut récupérer
 $E = 0,8 \cdot E_c = 0,8 \cdot 1,54 \cdot 10^6 = 1,232 \cdot 10^6 J$

$$V = \frac{E}{\frac{5}{2} \cdot (P_{nominale} - P_{mini})} = \frac{1,232 \cdot 10^6}{\frac{5}{2} \cdot (350 \cdot 10^5 - 165 \cdot 10^5)} = 26,6 l$$
- Question 1.17 | On a besoin de 2 cuves de 13,3 l (une de chaque côté du bus). La référence qui convient est EHV 20 – 480/90 (480 bar, 17,8l). On disposera d'un volume en réserve permettant de stocker éventuellement plus d'énergie.
- Question 1.18 | **Énergie journalière nécessaire :**
 $E = 200 \cdot 400 = 80 kW \cdot h$
Energie du pack de batterie disponible :
 $W = 588 \cdot 165 = 97,02 kW \cdot h > 80 kW \cdot h$
L'autonomie nécessaire est garantie.

Question 1.19 **La puissance mécanique fournie par le moteur électrique peut être au maximum de :**

$$P_m = 180000 \cdot 1,2 = 216 \text{ kW}$$

$$\eta = \frac{P_m}{P_a}$$

La puissance absorbée par le moteur électrique sera de :

$$P_a = \frac{P_m}{\eta} = \frac{216 \cdot 10^3}{0,9} = 240 \text{ kW}$$

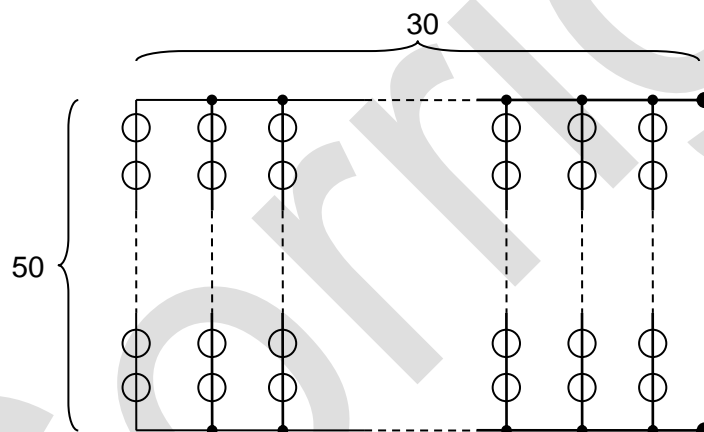
Question 1.20 **Nombre de cellules dans une branche :**

$$n = \frac{165}{3,3} = 50$$

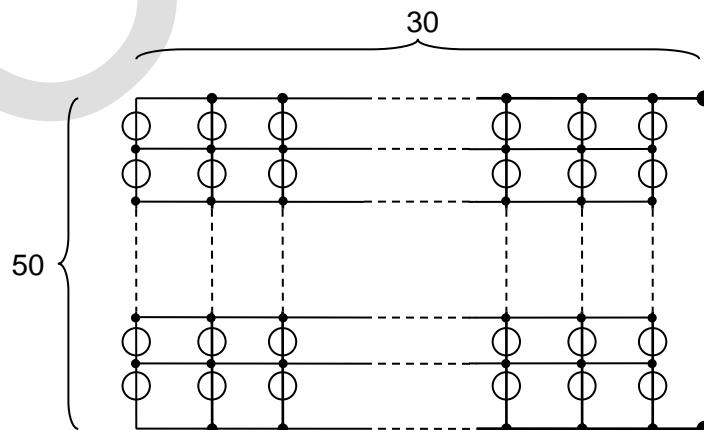
Nombre de branches :

$$m = \frac{1500}{50} = 30$$

Schéma d'assemblage :



Question 1.21 **Le schéma d'association du fabricant est le suivant :**



Question 1.22 | Si une cellule est défectueuse, la capacité du pack n'est impactée que de la capacité d'une cellule, soit 1/1500^e de la capacité (0,07%), alors que dans la première solution, on perd la capacité de 50 cellules, soit 50/1500^e de la capacité (3,33%).

La durée de vie du pack de batteries est optimisée grâce à la solution du fabricant.

Question 1.23 | $NB_{cyc} = 10 \times 52 \times 6 = 3120$ cycles

$\%_{capacité} = 90\%$ (lecture courbe 'Durée de vie' sur DT9)

Au bout des dix ans, la capacité du pack de batteries en W·h sera de :

$CAP_{pack} = 0,9 \cdot 588.165 = 87318$ W · h

L'autonomie journalière est de :

$Autonomie = CAP_{pack}/400 = 218$ km > 200 km

PARTIE 2 – Analyse du Système d'Aide à l'Exploitation et d'Information des Voyageurs

COMMENT LOCALISER LE BUS SUR SON PARCOURS ?

Question 2.1 | Le nombre d'emplacements des bus est limité, ce qui permet de limiter également l'occupation au sol de la gare.

DT10

Question 2.2 | (Voir DR4)

DT11

DR4

Question 2.3 | Les erreurs de mesure sont liées au problème de précision d'horloge, aux conditions de propagation des ondes et à des fluctuations des mesures.

DT13

DR4

Le SAEIV risque d'indiquer un mauvais emplacement aux voyageurs car la précision du GPS est insuffisante.

Question 2.4 | Avec un DGPS, il est possible d'atteindre une précision inférieure à 15 cm à condition de disposer d'une station fixe à moins de 5 km.

DT13

Question 2.5 | Coordonnées du bus :

DT12, DT13, DT14

$$X_b = 375100,45 \text{ m} ; Y_b = 4830087,25 \text{ m}$$

Coordonnées de la station fixe :

$$X_s = 377106,34 \text{ m} ; Y_s = 4828182,61 \text{ m}$$

Distance station fixe – bus :

$$d = \sqrt{(X_s - X_b)^2 + (Y_s - Y_b)^2}$$

$$d = \sqrt{(377106,34 - 375100,45)^2 + (4828182,61 - 4830087,25)^2}$$

$$d = 2766,09 \text{ m} \sim 2,8 \text{ km}$$

Le DGPS pourra assurer une précision inférieure à 15 cm car la station est située à moins de 5 km.

Le problème du positionnement du bus est résolu.

Question 2.6

Variables

X_{bus_gps} , Y_{bus_gps} , $\Delta X_{station_gps}$, $\Delta Y_{station_gps}$,
 X_{bus_vraie} ,
 Y_{bus_vraie} sont des entiers longs
 $Etat_porte$ est un booléen

Programme

```
Lire_capteur_porte (Etat_porte)
Tant que non(Etat_porte) faire
    Rien
Fin tant que
Lire_gps (X_bus_gps, Y_bus_gps)
Lire_station (DeltaX_station_gps, DeltaY_station_gps)
X_bus_vraie ← X_bus_gps +/- DeltaX_station_gps
Y_bus_vraie ← Y_bus_gps +/- DeltaY_station_gps
Trans_réseau (X_bus_vraie, Y_bus_vraie)
```

Fin programme

On peut éventuellement boucler sur l'attente de la fermeture de porte.

Le sens du calcul du delta n'étant pas déterminé, on accepte un « + » ou un « - » dans le calcul des coordonnées vraies.

PARTIE 3 – Analyse des structures du bus et de l'abri bus de la gare routière

DETERMINATION DU MATERIAU DE LA STRUCTURE DU BUS

Question 3.1 | (voir DR1)

DT18, DT19

Question 3.2 | L'impact le plus diminué par ce changement de matériau est la toxicité humaine (ratio valeur finale/valeur initiale le plus petit).

DT19

- Question 3.3 | **Masse de la structure en aluminium = $2900 \div 7850 \times 2772 = 1024$ kg (voir DR5)**
 $Taux\ d'augmentation = \frac{97 - 37}{37} = 162\%$
- Question 3.4 | **Le cahier des charges n'est pas respecté. Pour résoudre ce problème, on peut soit augmenter le moment quadratique des tubes soit augmenter le nombre de tubes de la structure.**
- Question 3.5 | **La baisse de poids de ce matériau a pour conséquence directe de réduire la consommation d'énergie lors de la mise en mouvement du bus. Mais nous pouvons aussi supposer que la récupération d'énergie sera moindre lors des décélérations et des freinages. Il faudrait faire un bilan global (consommation et récupération) pour quantifier les bénéfices supposés sur les impacts environnementaux.**
- Question 3.6 | **(voir DR6)**
- Question 3.7 | **(voir DR6)**
- Question 3.8 | **(voir DR6)**
- Question 3.9 | **Ces résultats montrent que le rapport de sécurité de 3 est bien respecté et donc que les fondations choisies sont correctement dimensionnées.**

DR1 : Justification du choix de l'axe de développement du Businova**Question 1.1**

| | Bus Businova | Bus électriques | Bus Hybrides |
|------------------------|---------------------------------|-----------------|---------------------------------|
| Nombre de places | 91 | 40 | 105 |
| Autonomie | 200 km | 120 km | 500 km |
| Consommation de Gasoil | 0,15 l · km⁻¹ | Néant | 0,38 l · km⁻¹ |

DR1 : Vérification des performances du prototype**Question 1.8**

| Pente nulle | Moteur-pompe hydraulique | Moteur électrique |
|---------------------|--------------------------|-------------------|
| Couple maxi (N.m) | 16000 | 7100 |
| Puissance maxi (kW) | 220 | 175 |

Question 1.9

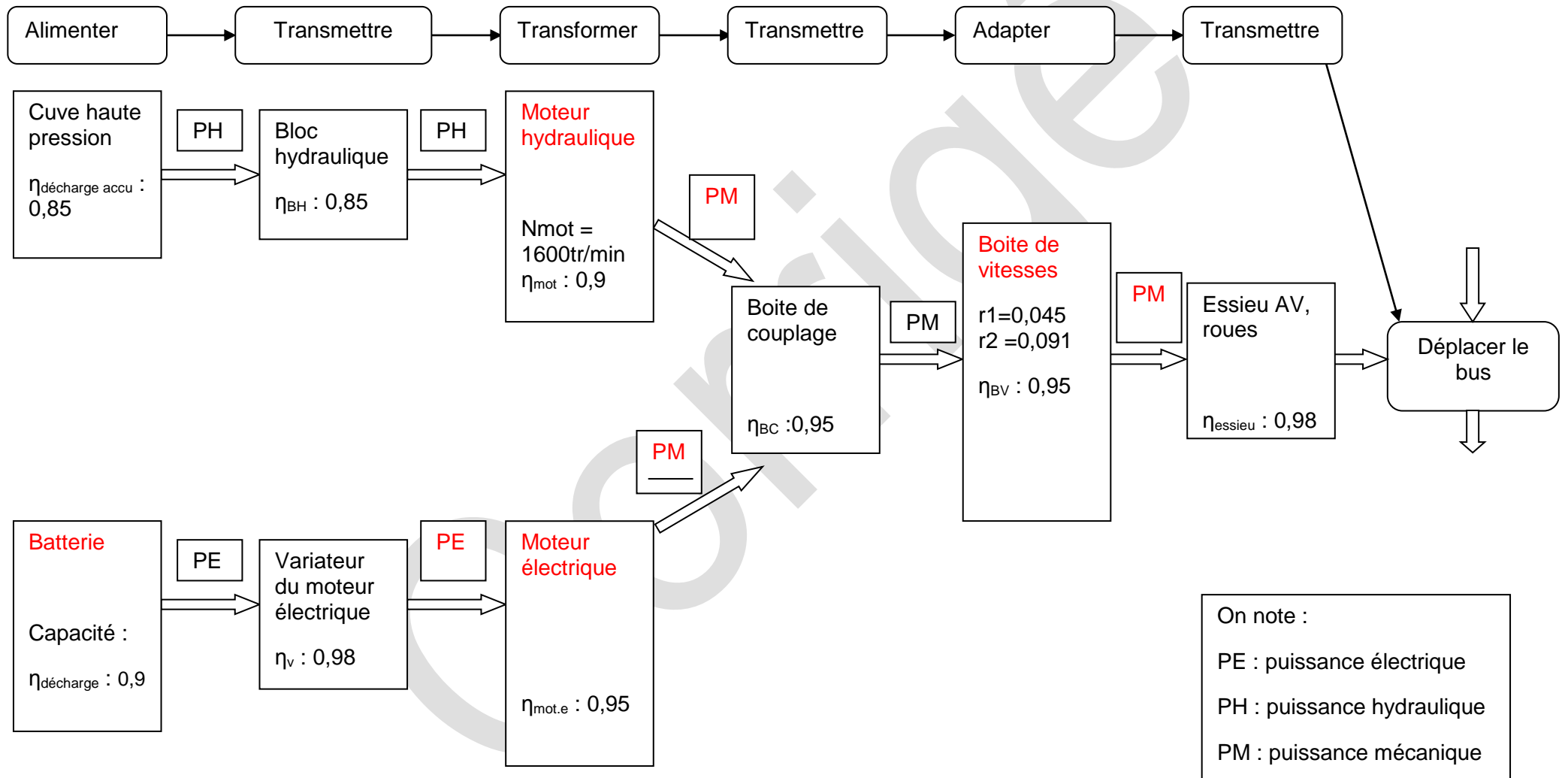
| Pente à 10% | Moteur-pompe hydraulique | Moteur électrique |
|---------------------|--------------------------|-------------------|
| Couple maxi (N.m) | 13500 | 7100 |
| Puissance maxi (kW) | 180 | 180 |

DR1 : Valider la structure d'un point de vue environnemental**Question 1.23**

| Matériaux disponibles | Critères d'exclusion | Matériau choisi (cocher) |
|---------------------------------|--|--------------------------|
| Alliage d'aluminium | | × |
| Alliage de magnésium | Limite élastique < à 300 MPa et résistance à l'eau salée qualifiée de non « acceptable » | |
| Alliage de titane | Surcoût de ce matériau | |
| Composites de fibres de carbone | Surcoût de ce matériau | |
| Laiton | Limite élastique < à 300 MPa, surcoût | |

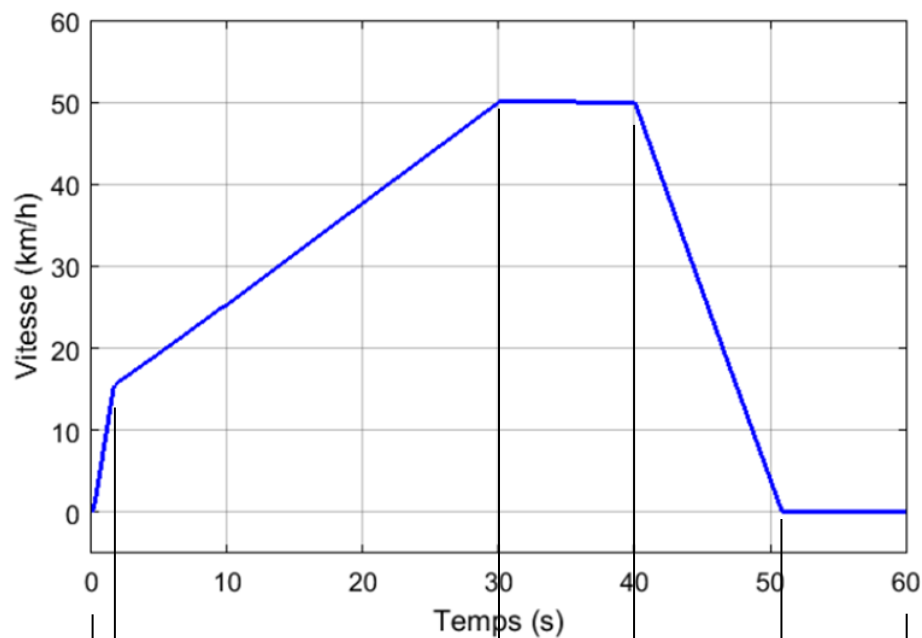
DR2 : Description des chaînes d'énergies de la motorisation du Businova

Question 1.4



DR3 : FONCTIONNEMENT DE LA BOITE DE COUPLAGE

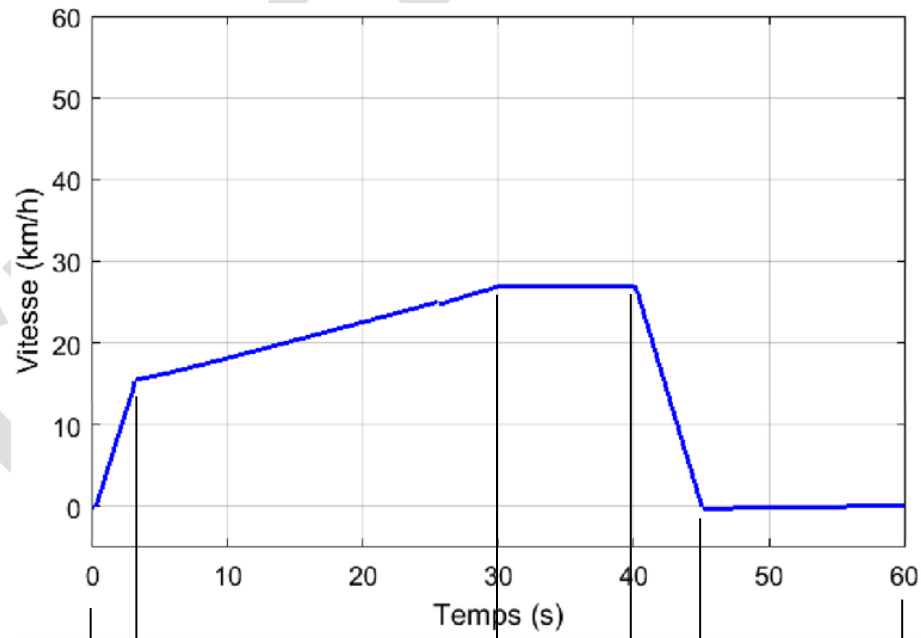
Profil de vitesse sur pente nulle



Lettre

| | | | | |
|---|-------------|---|---|--|
| A | B puis C | C | E | |
|---|-------------|---|---|--|

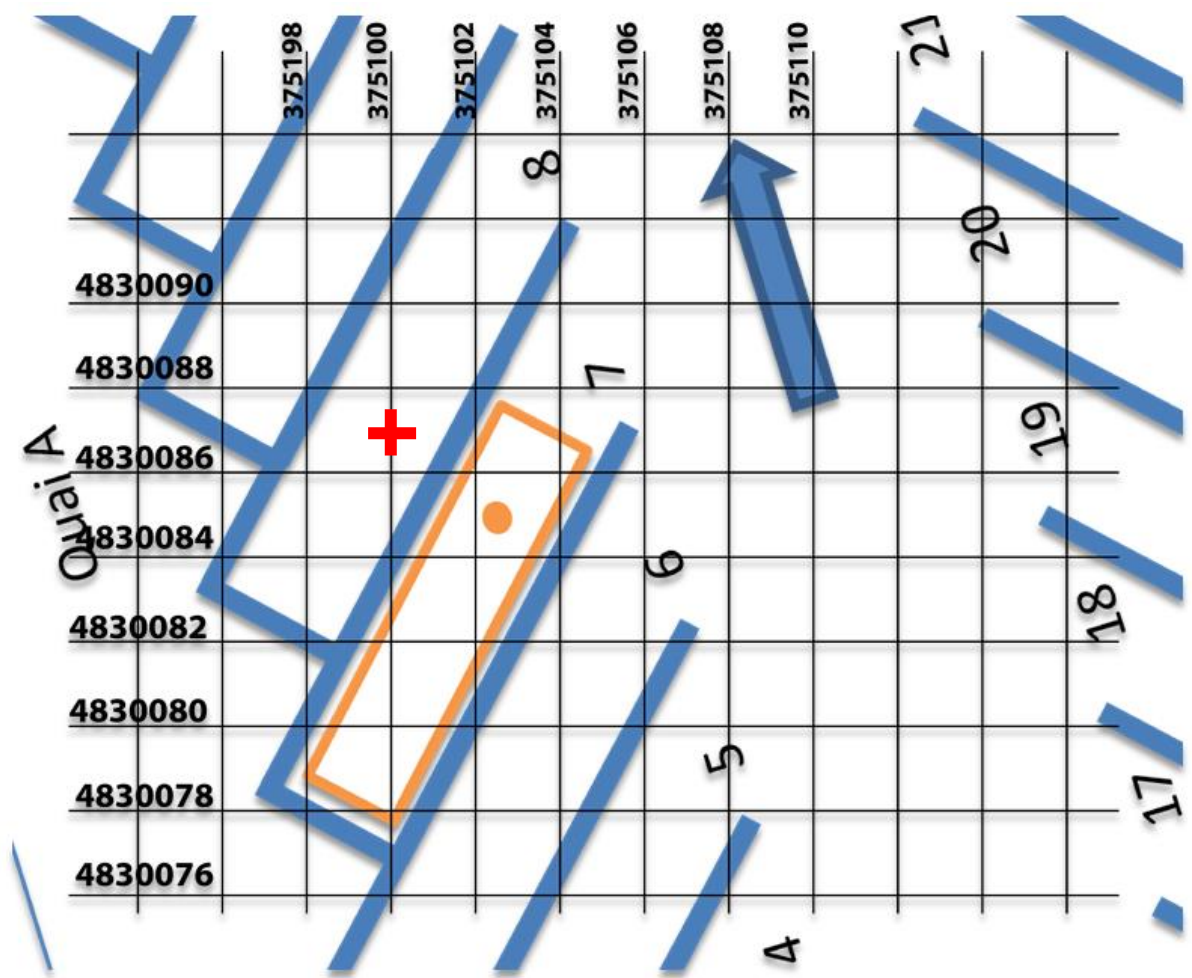
Profil de vitesse sur pente à 10%



Lettre

| | | | | |
|---|-------------|---|---|--|
| A | B puis C | C | E | |
|---|-------------|---|---|--|

DR4 : POSITION DU BUS



DR5 : Comparatif des solutions structures inox et aluminium

| | Masse (kg) | Contrainte maxi (MPa) | Déplacement maxi (mm) |
|--------------------------|-------------------|------------------------------|------------------------------|
| Châssis inox | 2772 | 225 | 37 |
| Châssis aluminium | 1024 | 212 | 97 |

Corrigé

DR6 : Validation des fondations de l'abri de bus

Les cellules grisées ne sont pas à compléter.

| Charges propres | | | | | | |
|---------------------------------------|-------------|-----------------|-----------------------------|--------------------|--------------------------------|---------------------|
| | Couverture | Profils HEA 100 | Profils carrés 100x100x4 | | Fondations | |
| | | | Pannes | Liens de charpente | | |
| Volume en m ³ | | | | | 6 | |
| Surface en m ² | 109 | | | | | |
| Longueurs | | 61,72 | 110,34 | 50,03 | | |
| Masse surfacique en kg/m ² | 7,00 | | | | | |
| Masse linéique en Kg/ml | | 16,70 | 12,48 | 12,48 | | |
| Masse volumique en kg/m ³ | | | | | 2200,00 | Masse propre totale |
| Masse en kg | 766 | 1031 | 1377 | 624 | 12936 | 16734 |
| | | | | | Poids propre total en N | 164163 |

| Charges d'exploitation pour entretien en N | Charge de neige en N |
|--|----------------------|
| 9810 | 55409 |

| | |
|--|----------------|
| Poids total en N | 229382 |
| Section d'une fondation en mm ² | 490000 |
| Section équivalente des huit fondations en mm ² | 3920000 |
| Contrainte moyenne au sol en MPa | 0,06 |

| | |
|---------------------|-------------|
| Rapport de sécurité | 3,42 |
|---------------------|-------------|

| | |
|---|------------|
| Contrainte admissible par le sol en MPa | 0,2 |
|---|------------|