**BACCALAURÉAT GÉNÉRAL**

**SÉRIE SCIENTIFIQUE**

**Épreuve de sciences de l’ingÉnieur**

**Session 2014**

**Durée de l’épreuve : 4 heures**

|  |  |
| --- | --- |
| **Coefficient 4,5** pour les candidats ayant choisi un enseignement de spécialité autre que sciences de l’ingénieur. | **Coefficient 6** pour les candidats ayant choisi l’enseignement de sciences de l’ingénieur comme enseignement de spécialité. |

.

.

Aucun document autorisé

Calculatrice autorisée, conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999

|  |  |
| --- | --- |
| **G:\essai1.bmp** | **Rénovation du réseau de transports urbains de Dijon** |

**Constitution du sujet**

* **texte** pages 3 à 15

1. *Problématique générale*
2. *Analyse du besoin*
3. *Dijon à l’heure de l’éco-mobilité*
4. *Analyse de la solution retenue bus hybride et tramway pour limiter la consommation d’énergie*
5. *Étude du centre d’exploitation*
6. *Production de chauffage à partir des eaux usées*
7. *Conclusion sur la problématique du sujet*

* **documents techniques** pages 16 à 22
* **documents réponses** pages 23 à 25

**Le sujet comporte 28 questions**

**Les documents réponses DR1 à DR3 (pages 23 à 25) sont   
à rendre avec les copies.**

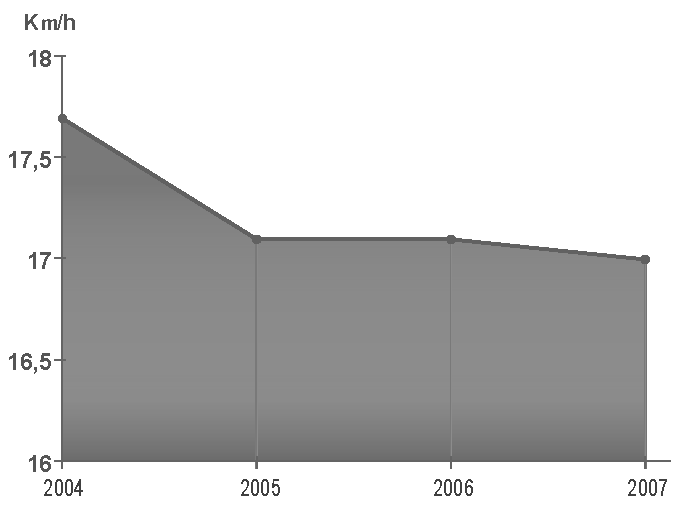
1. **Problématique générale**

L'accessibilité et la mobilité sont des préoccupations incontournables dans la gestion et le développement des agglomérations.

Le projet d’aménagement urbain du Grand Dijon porte sur la réorganisation du réseau de transport collectif, mais son impact est plus large : il conduit à une redéfinition des espaces publics et à une rénovation de certains bâtiments.

Dans ce cadre, l’étude proposée permet d’évaluer la pertinence de certaines solutions choisies par la communauté urbaine de Dijon pour limiter la consommation d’énergie en en adaptant les moyens de transport, en utilisant l’énergie solaire et en optimisant la production de chauffage.

1. **Analyse du besoin**

****

1. évolution de la vitesse  
   moyenne sur le réseau de bus

Le réseau de transports en commun du Grand Dijon (agglomération de Dijon regroupant 24 communes et 250 000 habitants) était assuré jusqu’en 2012 par sept lignes de bus.

Malgré une fréquence de passage des bus importante (quelques minutes entre deux bus) et des horaires de circulation étendus (de 6 h du matin à minuit), le niveau de saturation était atteint avec 150 000 voyageurs transportés quotidiennement. La densification de la circulation urbaine sur Dijon entraînait par conséquent, une baisse de la vitesse moyenne des bus (voir figure 1).

Toutefois, ce réseau de bus permettait à 95 % des habitants de disposer d’une ligne à moins de 300 m de chez eux.

Au cours des réflexions menées en vue de la rénovation et de l’amélioration du réseau de transports, le choix s’est porté sur la création de deux lignes de tramway desservant les axes prioritaires (zones à forte densité de population, équipements collectifs, services, commerces), et sur la mise en place de lignes de bus hybrides (alimentés en carburant et électricité). Ces changements permettent une augmentation des possibilités de transport, tout en conservant la proximité de réseau pour les usagers. Le nouveau réseau transporte 220 000 passagers par jour. Grâce à des couloirs de circulation réservés, la vitesse moyenne sur les lignes de tramway est de .

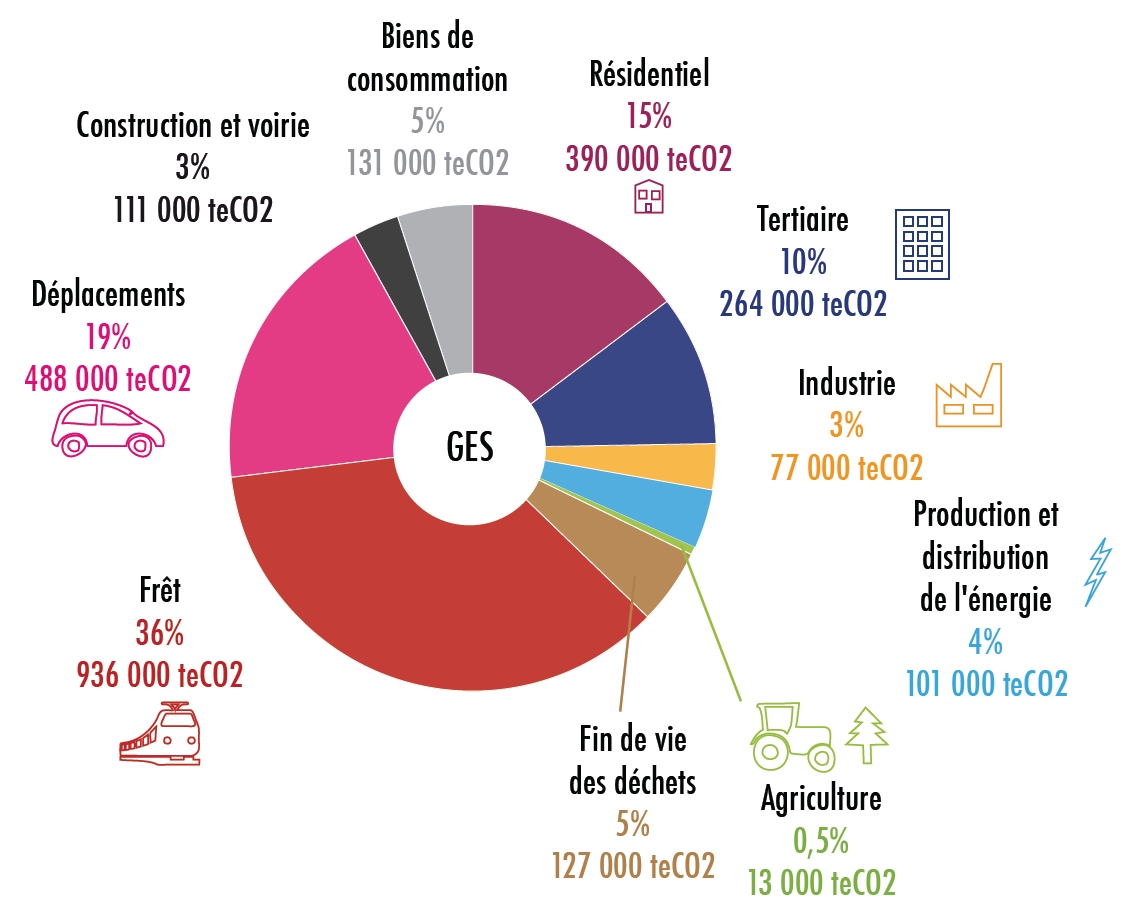
*Objectif de cette partie*: **analyser** les choix de modes de transport retenus.

1. **Lister** les avantages procurés par la mise en place des deux lignes de tramway. **Justifier** le maintien d’un réseau de bus.
2. **Dijon à l’heure de l’éco-mobilité**

Dans le cadre de la stratégie nationale du développement durable (SNDD), et en accord avec les objectifs nationaux sur la réduction des émissions de gaz à effet de serre et de la maîtrise des consommations énergétiques, l'agglomération du Grand Dijon s’est engagée dans la réalisation du bilan carbone de ses activités.

Un bilan carbone est un diagnostic complet permettant d’estimer les émissions de gaz à effet de serre (GES) engendrées directement et indirectement par une activité. L’objectif étant, une fois le constat établi, de déterminer un plan d’action visant à réduire ces émissions, et de contribuer ainsi à la lutte contre le changement climatique.

Les objectifs de réduction d’émissions de GES à l’horizon 2020 prévoient une réduction de 42 % des émissions du secteur des transports, dont près de 10 % du seul fait des mesures de réorganisation des mobilités (rénovation du réseau de transports et incitation à l’usage des transports en commun).

****En 2005, un bilan carbone de référence a été établi à l’échelle du Grand Dijon. Les résultats de cette étude montrent que les déplacements de personnes représentent 19 % des émissions de GES (voir figure 2) soit 488 000 teCO2 (tonne équivalent CO2).

Au moment de l’étude, les déplacements annuels représentaient km·passager.

Parmi ces déplacements, 53 % étaient réalisés en voiture, le reste en bus.

Figure 2 : émissions de GES par le Grand

Dijon en 2005

*Remarque* : le km·passager correspond à un déplacement d’un km par passager. Ainsi le transport de 20 passagers sur un parcours de 10 km équivaut à un déplacement de 200 km·passager.

*Objectif de cette partie*: **justifier** la nécessité de développer les transports en commun.

1. **Vérifier**, d’après les données précédentes (déplacements annuels et part de la voiture dans les déplacements), que les émissions de GES dues aux déplacements s’élevaient à 488 000 teCO2 en 2005, sachant que les rejets de CO2 par km·passager sont de 140 g pour un trajet en voiture, contre 50 g pour un trajet en bus.

Grâce à la réorganisation des mobilités, la part de la voiture devrait passer à 40 %.

1. **Calculer** la nouvelle valeur des dégagements de GES dans ce scénario de réduction de la part de la voiture, avec des déplacements annuels inchangés. **Évaluer**, sous la forme d’un pourcentage, la baisse par rapport à la valeur de 2005. **Conclure** sur la possibilité d’atteindre l’objectif d’une baisse de plus de 10 % des émissions de GES dans le secteur des transports, par une réorganisation des modes de déplacement en ville.
2. À partir des données du document technique DT1**,** **calculer** la consommation d’énergie de la flotte de bus Divia avant l’arrivée du tramway (2009) et après l’arrivée des bus hybride (2013). **Déterminer**, en kW·h et sous la forme d’un pourcentage, l’économie d’énergie réalisée.

Le document technique DT1 indique les caractéristiques de la flotte de véhicules du réseau de transport public en 2009 et en 2013.

1. À partir du document technique DT1, **déterminer** la quantité annuelle de CO2 émise par passager transporté en 2009 et en 2013. **Conclure** quant à l’objectif annoncé du Grand Dijon de faire baisser notablement les émissions de GES dues aux déplacements.
2. **Analyse de la solution retenue « bus hybride et tramway » pour limiter la consommation d’énergie**

*Objectifs de cette* partie : **vérifier** l’économie d’énergie annoncée par les constructeurs pour ces nouveaux modes de transport de passagers. **Analyser** les écarts entre des résultats mesurés sur le réel et ceux issus d’une simulation d’un modèle multi-physique.

**Étude de la récupération d’énergie des bus hybrides**

Le fabriquant des bus hybrides Heuliez utilise deux dispositifs d’économie d’énergie : la récupération d’énergie lors des freinages et la coupure du moteur lors des arrêts (système « Start and Stop »).

Dans la suite, l’étude se limite uniquement à la récupération d’énergie lors des freinages du véhicule. Heuliez annonce que ce dispositif permet d’économiser environ 20 % d’énergie.

L’étude portera sur la ligne « LIANE 7 ». Le profil du parcours est présenté sur la figure 3. Pendant ce trajet le bus doit s’arrêter 11 fois. La distance moyenne entre les arrêts est de 355 m. Le bus fait des allers-retours sur cette ligne.

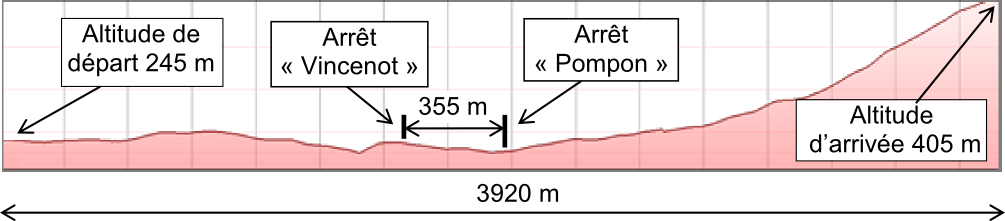
****

Figure 3 : profil du parcours de la LIANE 7

1. Le document réponse DR1 représente les différentes phases d’un parcours de bus entre deux arrêts. **Repérer**, sur ce document, les phases : freinage (FR), arrêt (AR), vitesse constante (VC), accélération (AC).

Entre les deux arrêts « Vincenot » et « Pompon » le bus circule dans un couloir prioritaire. Il répond à la loi de vitesse simplifiée représentée sur la figure 4.

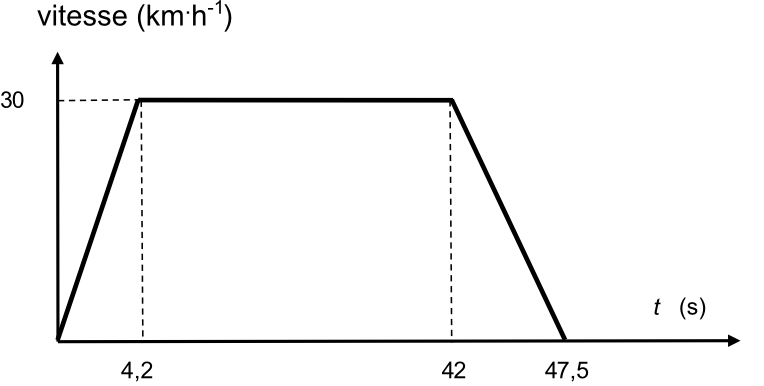
****

Figure 4 : profil de la vitesse du bus hybride

**Configuration pour tous les bus (gasoil, GNV, hybride)**

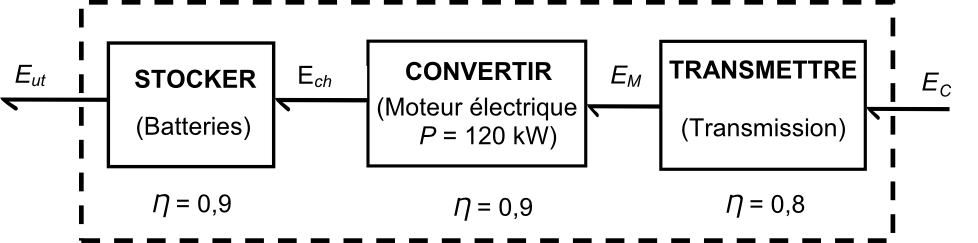
Caractéristiques pour un bus en configuration normale :

* 26 places assises + conducteur + 50 places debout ;
* masse à vide : 12 000 kg ;
* masse d’un passager : 70 kg en moyenne.

1. Pour une configuration normale du bus, **calculer** l’énergie cinétique du bus, lorsqu’il roule en translation à la vitesse constante de 30 km·h-1.

Pendant les phases d’accélération et de vitesse constante, le moteur thermique (diesel) entraîne une génératrice qui va produire du courant pour alimenter le moteur électrique et charger les batteries du bus (voir document technique DT2).

Pendant la phase de freinage, l’énergie cinétique du bus est transformée par la transmission en énergie mécanique *EM*. Le rendement de la transmission prend en compte les pertes dues à la résistance au roulement du bus et les frottements de l’air. Le moteur électrique va devenir générateur et va charger les batteries avec une énergie électrique *Ech*. La figure 5 présente une partie de la chaîne d’énergie.

****

*Ech*

Figure 5 : chaine d’énergie partielle

1. **Calculer** l’énergie électrique utilisable *Eut* générée lors de chaque arrêt du bus, suite à un parcours à vitesse constante de 30 km·h-1 ; *Eut* sera exprimée en kilojoule (kJ).

Un calcul a permis de déterminer l’énergie électrique consommée par le moteur électrique pendant la phase d’accélération .

Au cours de la phase à vitesse constante, le moteur électrique du bus consomme 15 % de sa consommation à puissance nominale.

La puissance électrique consommée par le moteur en régime nominal vaut

1. **Calculer** l’énergie électrique, notée *Evc*, fournie par le moteur électrique pendant la phase où le bus roule à vitesse constante (voir figure 4). **Calculer** sur le tronçon Vincenot-Pompon, le gain d’énergie récupérée au freinage par rapport à l’énergie dépensée pour le déplacement. Le résultat sera exprimé sous la forme d'un pourcentage.
2. **Conclure** sur l’économie d’énergie annoncée par le constructeur. **Préciser** qualitativement ce qu’il advient de l’économie d’énergie pour une distance beaucoup plus grande entre les arrêts. **Justifier** le choix de ce type de bus pour une utilisation urbaine.

**Étude de la récupération d’énergie des rames du tramway** (document technique DT2)

Alstom, le fabricant du tramway, a développé un système de récupération de l’énergie pendant la phase de freinage. Ainsi, le moteur de traction génère de l’électricité pendant les phases de freinage. L’énergie produite est restituée aux caténaires et peut donc être réutilisée par une autre rame.

**Important :** pour bénéficier de l’apport énergétique produit par le freinage d’une rame venant en sens inverse, la distance entre les rames doit être inférieure à 100 m.

Si aucune rame ne se situe à moins de 100 m, l’énergie de freinage ne pourra pas être réutilisée. Il faut alors transformer l’énergie électrique en énergie thermique par l’intermédiaire de résistances. On parle alors de freinage « rhéostatique ».

Pour les arrêts d’urgence et pour stopper totalement les rames, les bogies sont équipés de freins mécaniques.

Le document réponse DR2 présente différents chemins suivis par l’énergie pour quatre phases de fonctionnement différentes.

1. **Compléter** le document réponse DR2 en indiquant le nom correspondant aux phases A, B et D, sachant que la phase C correspond à un freinage mécanique.

|  |  |
| --- | --- |
| Pour minimiser la dépense d’énergie au démarrage et bénéficier au mieux de l’énergie produite lors du freinage d’une rame venant en sens inverse (rame 2), la gestion du cycle de démarrage de la rame à l’arrêt (rame 1) est gérée par l’algorigramme présenté à la figure 6.  *T*1 : durée de présence en station de la rame 1 à l’arrêt.  *T*2 : durée précédant l’arrivée en station de la rame 2.  Le bloc « Démarrer » est un sous-programme qui déclenche le départ de la rame.  Règle de fonctionnement : la rame 1 démarre lorsque la rame 2 est située à moins de 100 m de la station. La durée de l’arrêt en station doit être au minimum de 20 secondes et au maximum de 60 secondes. | 1. algorigramme de la gestion du   démarrage d’une rame de tramway |

1. D’après les courbes du document réponse DR1, **évaluer** la durée mise par une rame pour parcourir les 100 m précédant son arrêt en station. **Faire** apparaître les tracés sur la figure du document réponse DR1. **Compléter** sur copie la condition de test « si *T*2 < ? » de la figure 6.

Le dossier technique DT3 présente un modèle multi-physique d’un bogie d’une rame de tramway dont la constitution est précisée sur le document technique DT2.

La figure 7 présente les valeurs de la tension et du courant dans les caténaires. Les courbes sont obtenues par simulation, pour un trajet au profil plat et sans vent avec les caractéristiques cinématiques données dans le document réponse DR1.

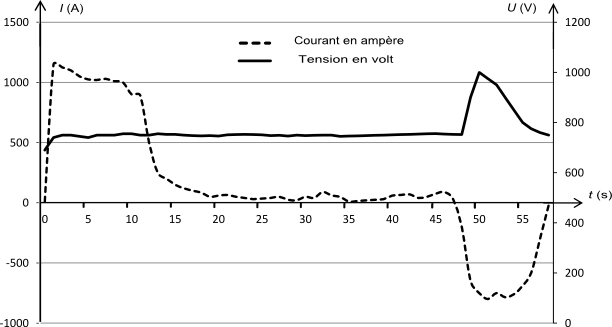
****

Figure 7 : courbes de la tension et du courant en fonction du temps

1. À partir des courbes de la figure 7, **relever** la durée de la zone de freinage avec récupération, et **indiquer** l’instant où la puissance récupérée est maximale. **Estimer** cette valeur de puissance.

Les courbes de la figure 8 présentent la puissance échangée avec les caténaires à partir du modèle et des données réelles fournies par l’exploitant du réseau de tramway.

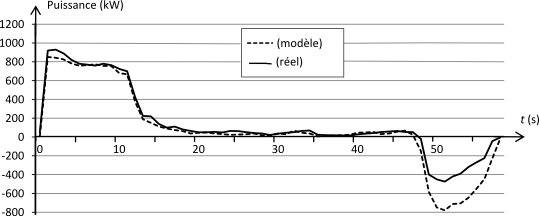
****

Figure 8 : courbes de la puissance réelle et de la puissance

simulée échangée avec les caténaires

Soit *Er0* l’énergie récupérable déterminée à partir du modèle, soit *Er1* l’énergie récupérable obtenue à partir de mesures réelles.

1. À partir des courbes de la figure 8, **décrire** l’évolution del’écart entre la courbe de puissance du modèle et celle du système réel pendant les différentes phases de fonctionnement. *Er*0 est-elle proche de *Er*1? *Er*0 est-elle surestimée ou sous-estimée ? **Justifier** la réponse. **Identifier** des paramètres qui ont pu être incorrectement pris en compte lors de l’élaboration du modèle.
2. **Étude du centre d’exploitation**

Un réseau de transport composé de 33 rames de tramway et de 215 bus nécessite un centre d’exploitation. À Dijon, le centre d’exploitation du nouveau réseau de transport a été installé dans les anciens locaux de la SNCF, idéalement situés près des voies.



1. anciens bâtiments et centre d’exploitation réhabilité

L’un des objectifs a été de conserver le patrimoine architectural des 10 000 m2 d’anciens locaux. 20 000 m2 de nouveaux bâtiments y ont été ajoutés. L’ensemble accueille l’administration, le stockage des rames, le poste de pilotage centralisé, la maintenance...

*Objectifs de cette partie*: **vérifier** que la structure des bâtiments permet l’installation de panneaux solaires. **Déterminer** la production de la centrale solaire.

****

1. vue générale du centre d'exploitation

La réhabilitation de l’ancien bâtiment a été l’occasion d’installer des panneaux photovoltaïques sur les toits dont la pente est orientée au sud.

La charpente du bâtiment (voir figure 11) est constituée d’un ensemble de structures métalliques appelées « fermes », espacées de six mètres. La couverture du bâtiment est réalisée par des tôles en acier galvanisé.

Pour vérifier la résistance d'une charpente, l’étude doit être menée dans des conditions extrêmes appelées : état limite ultime (ELU).

Pour la zone géographique de Dijon, les charges extrêmes dues à la neige sont de.

Pour vérifier la résistance de la structure, il faut évaluer la tenue de l’élément le plus faible. Une étude préliminaire a permis de localiser l’élément le plus sollicité qui est la poutrelle repérée dans le document technique DT4.

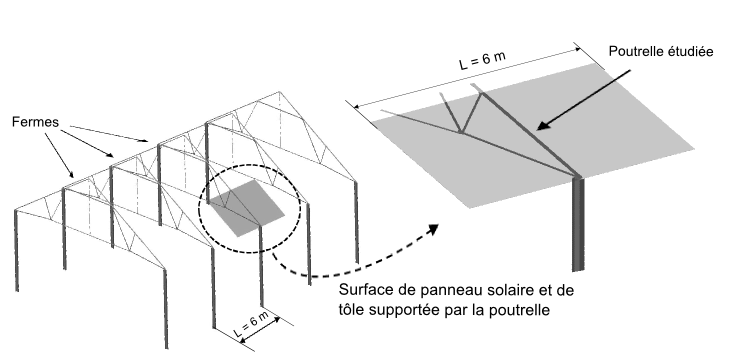
****

Figure 11 : architecture de la structure

**Hypothèses simplificatrices** : les charges appliquées seront réparties uniformément sur toute la longueur de la poutrelle. Le poids de la poutrelle est négligé par rapport aux autres actions. Le problème est considéré comme plan.

Prendre.

1. À partir du descriptif précédent, de la figure 11, des documents techniques DT4 et DT5, **calculer** la surface de panneau solaire que supporte la poutrelle étudiée. **Calculer** le poids de la neige, des panneaux et des tôles sur cette surface. **Calculer** le poids total correspondant à l’état limite ultime et **calculer** la norme de sa composante suivant . À partir de cette dernière valeur, **déduire** la charge linéique maximale *p* () supportée par la poutrelle.

La poutrelle est inclinée d’un angle de 26 ° par rapport au sol.

Ses appuis sur la structure peuvent être modélisés, en première approche, par une liaison sphère plan de normale ) et par une liaison pivot d’axe .

Le chargement *p* induit des sollicitations de compression et de flexion dans la poutrelle. Par la suite la compression sera négligée.

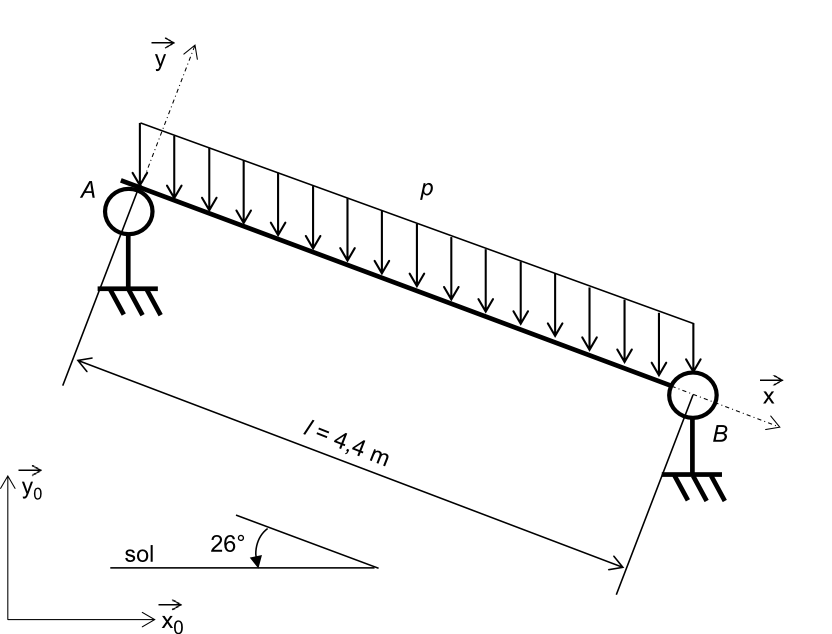
****

Figure 12 : modélisation de la poutrelle et des conditions aux limites

Le cahier des charges impose à la poutrelle de vérifier les deux critères ci-dessous.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Critère** | **Grandeur à vérifier** | **Niveau** |
| Contrainte | *CS* : coefficient de sécurité |  |
| Déplacement | *Uy* : déplacement maximal admissible |  |

est la distance entre les liaisons de la poutre avec la structure.

* : moment de flexion maximal (N·mm) ;
* : charge linéique (N·mm-1) ;
* : longueur de la poutre (mm) ;

* : contrainte normale (MPa) ou (N·mm-2) ;
* : module de flexion de la section (mm3) ;

* : limite élastique du matériau (en MPa) ;
* : coefficient de sécurité.

1. **Calculer** le moment de flexion maximal (le résultat sera exprimé en N·mm).

La poutre est un IPE 180 (voir document technique DT4).

1. À partir des caractéristiques de la poutre données dans le document technique DT4, **calculer** la contrainte pour cette poutrelle. Le résultat sera exprimé en MPa. **Conclure** sur la résistance de la poutrelle.
2. À partir du tableau ci-dessus, **calculer** le déplacement maximal admissible *Uy.* Le résultat sera exprimé en mm.

Le document technique DT4 fournit un modèle numérique de la déformée de la poutrelle sous charge extrême de la neige, des panneaux solaires et des tôles.

1. À partir des résultats donnés par la simulation (voir document technique DT4), **vérifier** la validation du critère de déplacement. **Conclure** sur le respect des critères.

**Évaluation de la production de la centrale solaire**

La puissance du rayonnement solaire reçu par le module photovoltaïque s'évalue avec la relation suivante :

* *P* : puissance (en W) ;
* *Ee* : éclairement énergétique (en W∙m-2) ;
* *S* : surface des cellules du module photovoltaïque (en m2).

La puissance électrique délivrée par les panneaux photovoltaïques installés (TE 2200 version 240 W) est de 240 W pour un éclairement de 1 000 W∙m-2.

1. À l’aide des dimensions fournies dans le document technique DT5, **déterminer** le rendement d'un panneau solaire.

L’installation solaire comporte 5 074 panneaux. À Dijon, l'énergie solaire disponible sur une année complète pour une orientation au sud optimale et une inclinaison de 26 ° est de 1 177 kW∙h∙m-2.

1. **Calculer** l'énergie annuelle produite par l’ensemble des modules solaires en toiture en considérant le rendement calculé constant quelles que soient les conditions d’ensoleillement.

L'énergie électrique produite par les modules en toiture est convertie par des onduleurs en courant alternatif adapté au réseau électrique. Le rendement des onduleurs est de 97 %. Les pertes de puissance dues aux chutes de tension sont évaluées à 6 %.

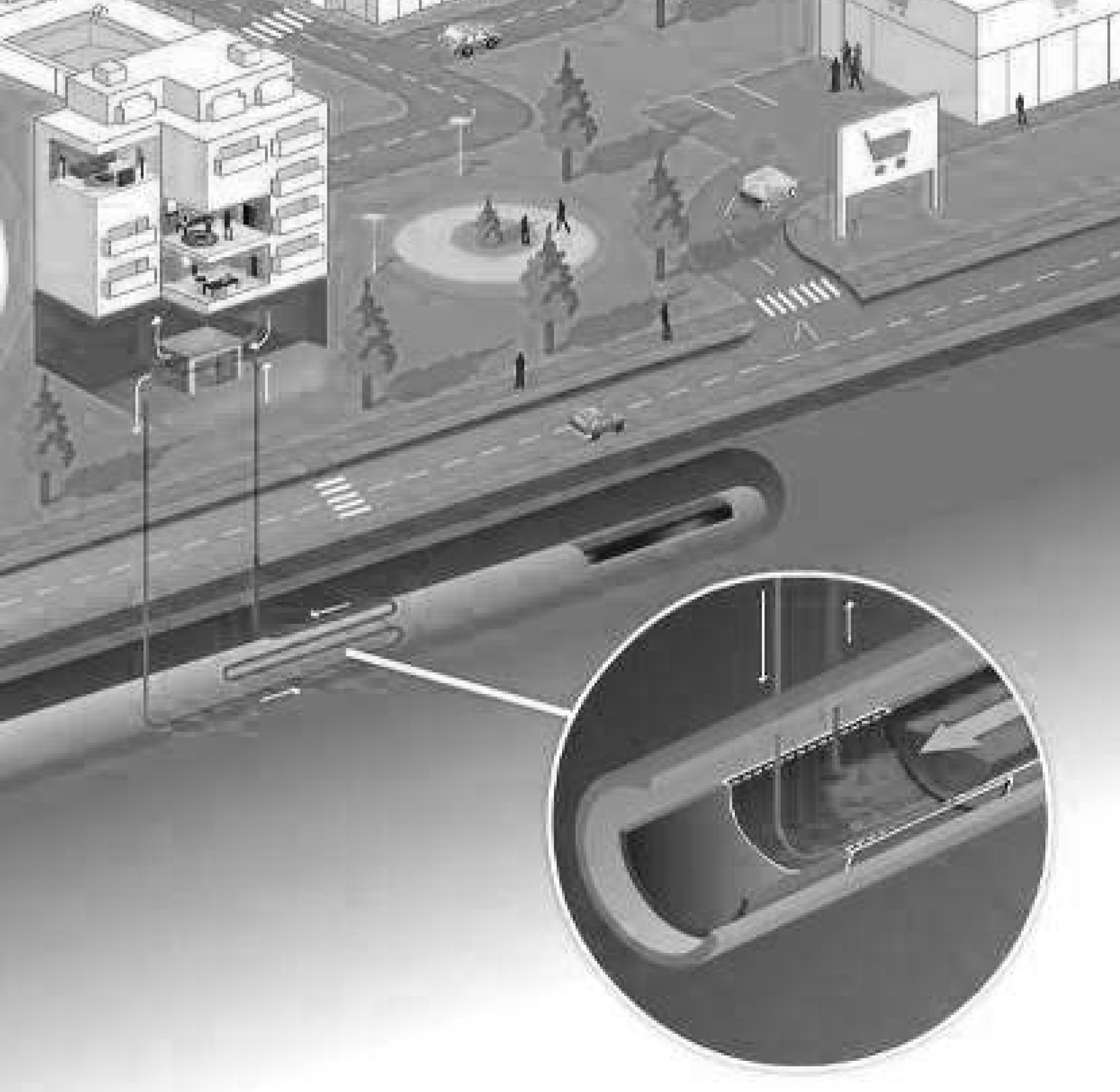
1. **Déterminer** l'énergie fournie par la centrale solaire au réseau électrique.

La production annuelle d'énergie de la centrale solaire, annoncée par l'installateur, devrait être de 1 GW∙h·an -1. Soit l'équivalent du besoin de 500 foyers.

1. **Comparer** la valeur annoncée par l'installateur à la valeur obtenue précédemment. **Évaluer** et **discuter** de l'écart entre ces deux valeurs.
2. **Production de chauffage à partir des eaux usées**

*Objectifs de cette partie*: **vérifier** que la production de chauffage par le dispositif « Degrés Bleus » est une source d’énergie renouvelable réalisant des économies conséquentes et **étudier** un point de fonctionnement de la régulation.

Les bâtiments d'exploitation du réseau de transport sont chauffés par un système de récupération de chaleur sur un réseau d’eaux usées domestiques sous une rue proche.

****

1. récupération de chaleur  
    des eaux usées

Les eaux usées ont la particularité de conserver une température stable comprise entre 12 °C et 17 °C. Cette température constitue une source d’énergie qui sera exploitée en hiver grâce à un échangeur placé au fond des canalisations d’eaux usées domestiques. Cet échangeur permet de récupérer les calories des eaux usées et de les transférer à un fluide caloporteur (liquide qui permet le transport de chaleur entre deux éléments). Ce fluide alimente une pompe à chaleur qui assure le chauffage du bâtiment. Une étude préalable avait estimé que les besoins de chauffage pouvaient être couverts à 80 % par ce dispositif, appelé « Degrés Bleus »

1. **Repérer**, en les entourant ou en les surlignant sur le document réponse DR3, les trois éléments qui suivent :

* l'échangeur de chaleur, constitué de plaques en inox qui permettent de transférer les calories des eaux usées au fluide caloporteur. Il garantit la séparation du réseau de chauffage de celui des eaux usées ;
* le fluide caloporteur qui récupère les calories des eaux usées et les achemine jusqu’à la pompe à chaleur. Il circule en boucle fermée de l’intérieur des échangeurs à la chaufferie du bâtiment. Il est constitué d’eau glycolée dont la température passe de 4 °C à 8 °C au contact de l’échangeur ;
* la pompe à chaleur qui concentre les calories prélevées de façon à élever la température jusqu’à ce qu’elle soit suffisante (entre 50 °C et 63 °C) pour le chauffage du bâtiment.

Cette technique permet d’obtenir un rendement de 50 % supérieur aux autres énergies renouvelables et d’économiser jusqu’à 60 % de gaz à effet de serre.

Les besoins énergétiques annuels en chauffage pour les ateliers sont de 2 100 MW·h. La courbe annuelle des modes de chauffage (document technique DT6) indique, sur une année, les modes de chauffage utilisés (puissance et source de chauffage).

1. **Estimer**, à partir de cette courbe de distribution annuelle, la part réelle de « Degrés Bleus » dans la production de chauffage. **Expliquer** la méthode utilisée. **Calculer** et **commenter** l’écart avec l’étude préalable.

**Régulation de chauffage des planchers**

La fonction de la vanne trois voies, repérée dans le document réponse DR3, est de mélanger à l’eau chaude du départ planchers une certaine quantité d’eau refroidie du retour planchers. Le contrôle de ce mélange permet de réguler la température des locaux. L'ouverture et la fermeture de la vanne sont pilotées par un servomoteur. Le servomoteur est commandé par un signal électrique (tension de 0 à 10 V) fourni par le régulateur. Ce régulateur est intégré dans une armoire de gestion technique du bâtiment (GTB) utilisant le réseau de terrain KNX.

1. À partir de la caractéristique fournie dans le document technique DT6, **déterminer** la valeur de la tension de commande que le régulateur doit fournir au servomoteur de la vanne trois voies, pour une demande de charge de 40 %.

Le réseau de terrain KNX permet au régulateur de transmettre une donnée numérique au servomoteur. Cette donnée est convertie en tension pour commander le servomoteur.

Le message KNX destiné au servomoteur comprend au total 200 bits transmis successivement (transmission série). La vitesse de transmission des données est de 9 600 bits.s-1.

1. En vue de la transmission, **convertir** la valeur analogique de tension déterminée à la question précédente en une valeur binaire codée sur 8 bits (pleine échelle de 0 V à 10 V). **Calculer**, à partir du document technique DT7, la durée de transmission du télégramme KNX entre le régulateur et le servomoteur. **Commenter** le résultat en indiquant si cette durée est compatible avec la régulation du chauffage des locaux.
2. **Conclusion sur la problématique du sujet**

*Objectif de cette partie*: **proposer** une synthèse du travail réalisé.

1. **Établir** un tableau récapitulatif des avantages des solutions présentées dans ce sujet. À partir de ce tableau, **conclure** sur la pertinence des choix de la communauté urbaine du Grand Dijon.

**Document technique DT1**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Type de moteur / carburant | Nombre de bus | Distance parcourue en km | Consommation  Carburant en L | Densité d’énergie en kW·h·L-1 | Consommation d’énergie en kW·h |
| Thermique  Gasoil | 140 | 6 418 890 | 2 984 784 | 10,1 | 30 146 318 |
| Thermique  GNV | 65 | 4 081 110 |  |  | 24 925 282 |

Consommations du parc de bus Divia en 2009

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Type de carburant | Nombre de bus | Distance parcourue en km | Consommation  Carburant en L | Densité d’énergie en kW·h·L-1 | Consommation d’énergie en kW·h |
| Thermique  Gasoil | 113 | 5 518 605 | 2 566 151 | 10,1 | 25 918 127 |
| Hybride  Gasoil | 102 | 4 981 395 | 1 594 047 | 10,1 | 16 099 874 |

Consommations du parc de bus Divia en 2013

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Type de moteur / carburant | Nombre de bus | Distance parcourue en km | Facteur d'émission en kg de CO2 par km | émission de CO2 en kg | Nombre de voyageurs transportés |
| Thermique  Gasoil | 140 | 6 418 890 | 1,43 | 9 179 013 |  |
| Thermique  GNV | 65 | 4 081 110 | 0,12 | 489 733 |
|  |  |  | Total | 9 668 746 | 36 millions |

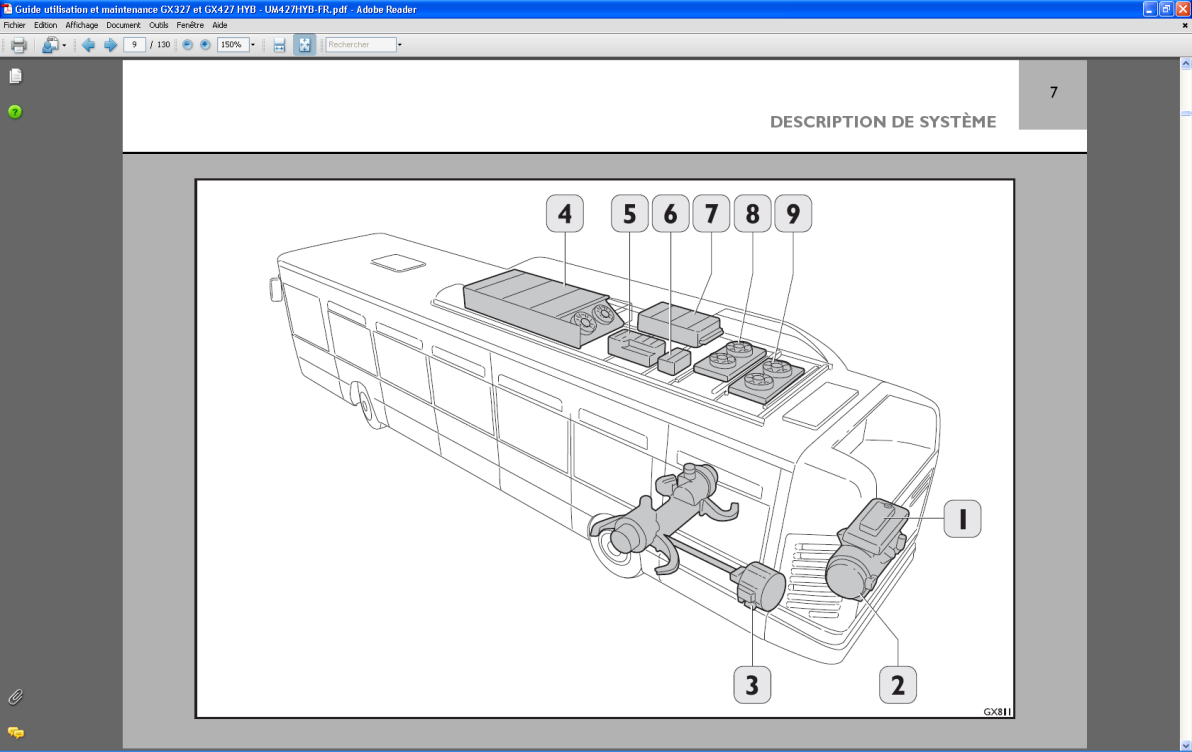
Facteurs d'émissions (production et combustion) des différents bus en 2009

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Type de moteur / carburant | Nombre de véhicules | Distance parcourue en km | Facteur d'émission en kg de CO2 par km | émission de CO2 en kg | Nombre de voyageurs transportés |
| Thermique  Gasoil | 113 | 4 289 395 | 1,41 | 6 048 047 |  |
| Hybride  Gasoil | 102 | 4 518 605 | 0,98 | 4 428 233 |
| Tramway | 33 | 1 992 000 | 0,31 | 617 520 |
|  |  |  | Total | 11 116 292 | 48 millions |

Facteurs d'émissions (production et combustion) des différents bus en 2013

**Document technique DT2**

**Caractéristiques des bus hybrides**



1 – Moteur thermique diesel

2 – Génératrice électrique

3 – Moteur électrique

4 – Système de stockage de l’énergie

5 – Convertisseur 600 Vcc / 28 Vcc

6 – Boitier électronique – gestion de traction

7 – Système de contrôle de puissance

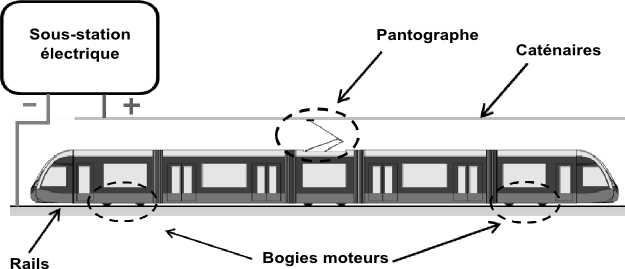
8 – Système de refroidissement du système électronique

9 – Système de refroidissement du moteur de traction

**Caractéristiques d’une rame de tramway**

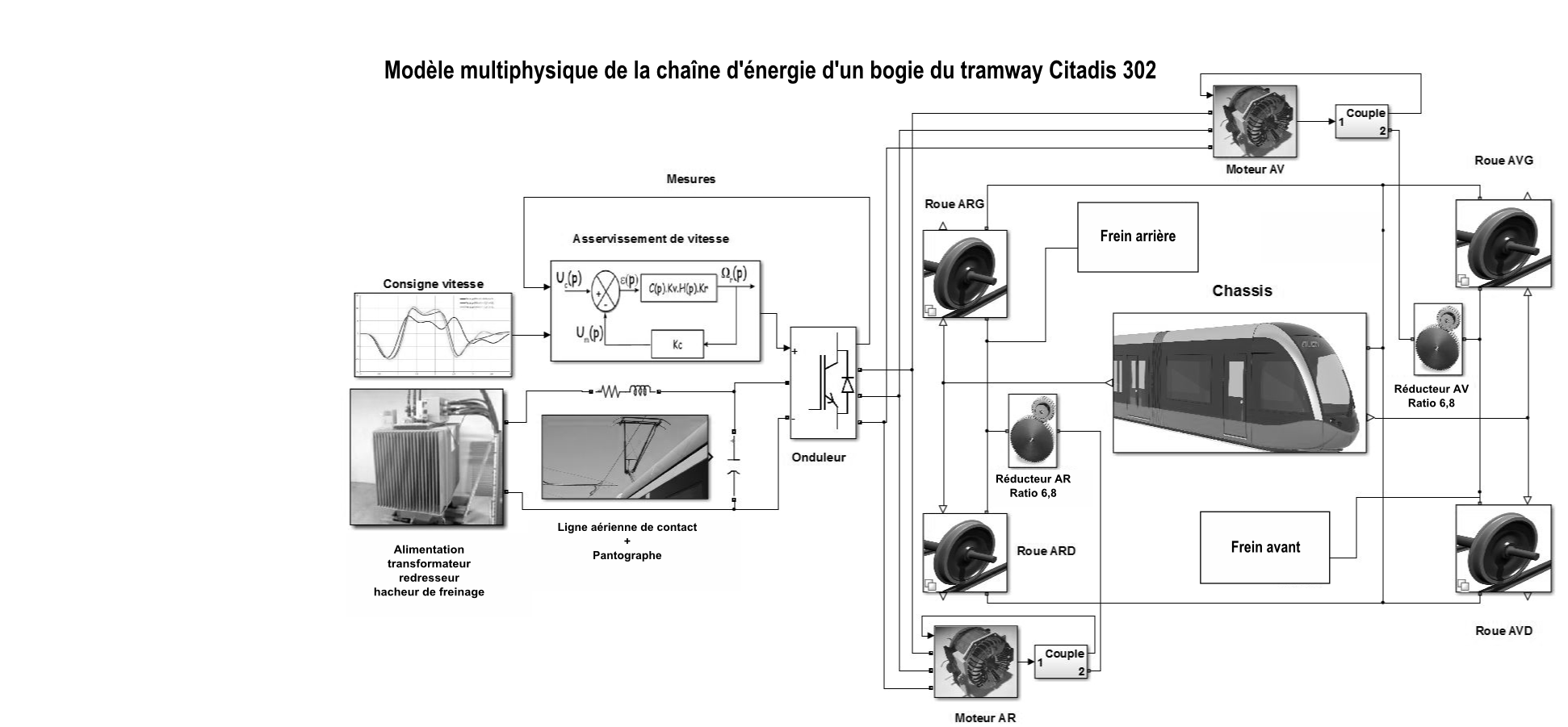
* masse de 40 tonnes à vide pour une longueur de 32,7 m et une largeur de 2,4 m ;
* vitesse maximale en situation commerciale de 50 km·h-1 (possibilité d’atteindre la vitesse de 70 km·h-1) ;
* espace réservé aux voyageurs de 42 places assises et jusqu’à 237 voyageurs ;
* 2 bogies moteurs composés chacun de 2 moteurs à aimant permanent de 120 kW et de 2 freins mécaniques. Les moteurs sont alimentés par des onduleurs et la transmission de l'effort de traction se fait par engrenage avec une réduction de *K* = 1 / 6,8.

|  |
| --- |
| L’alimentation électrique de la rame se fait par des sous-stations électriques. Elles sont composées d’un transformateur et d’un redresseur. Les caténaires et le pantographe permettent l’acheminement du courant électrique à bord de la rame. Le retour du courant s’effectue par le rail (voir ci-dessous). |

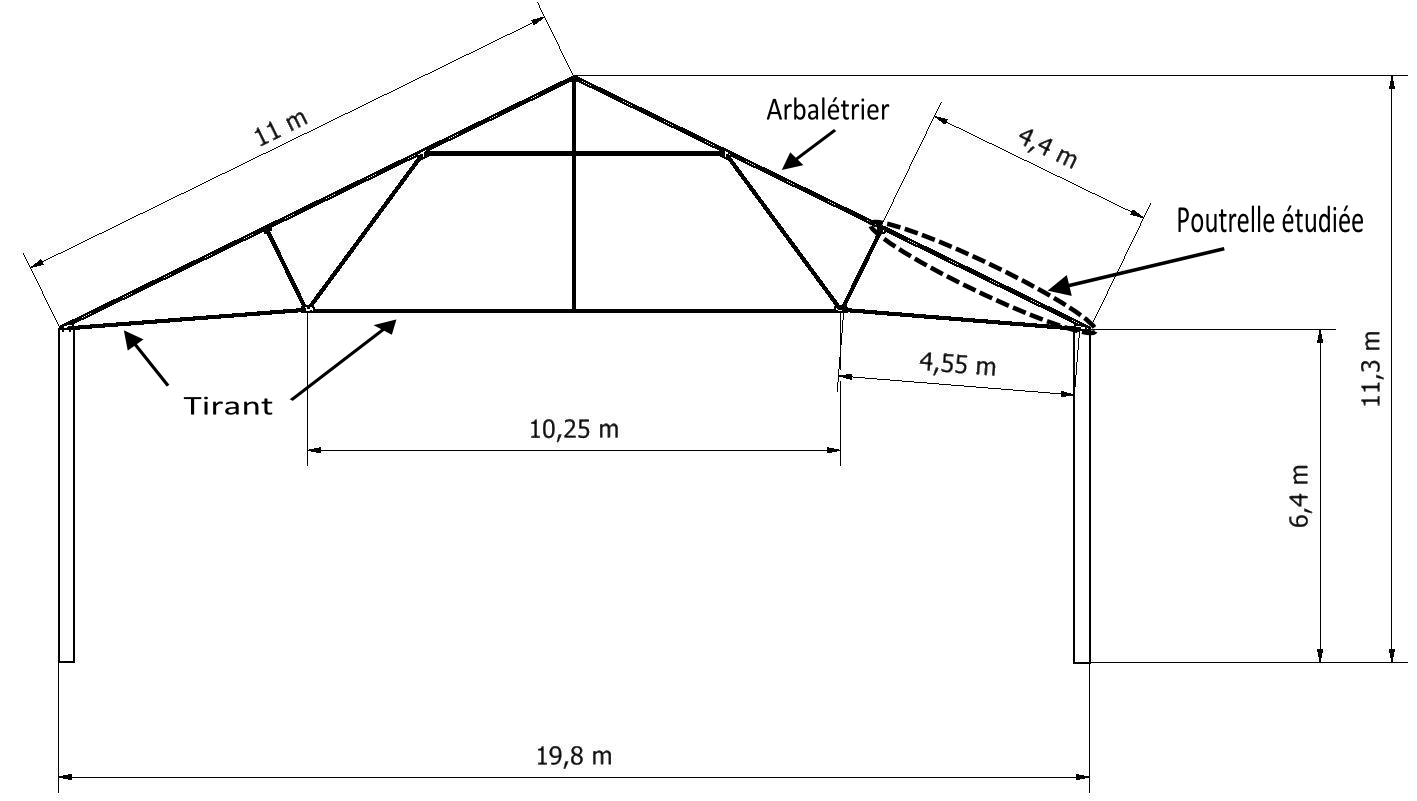
****

Rame de tramway

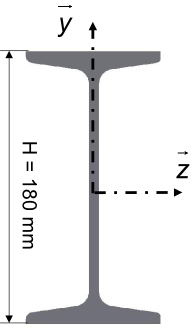
**Document technique DT3**



**Document technique DT4**

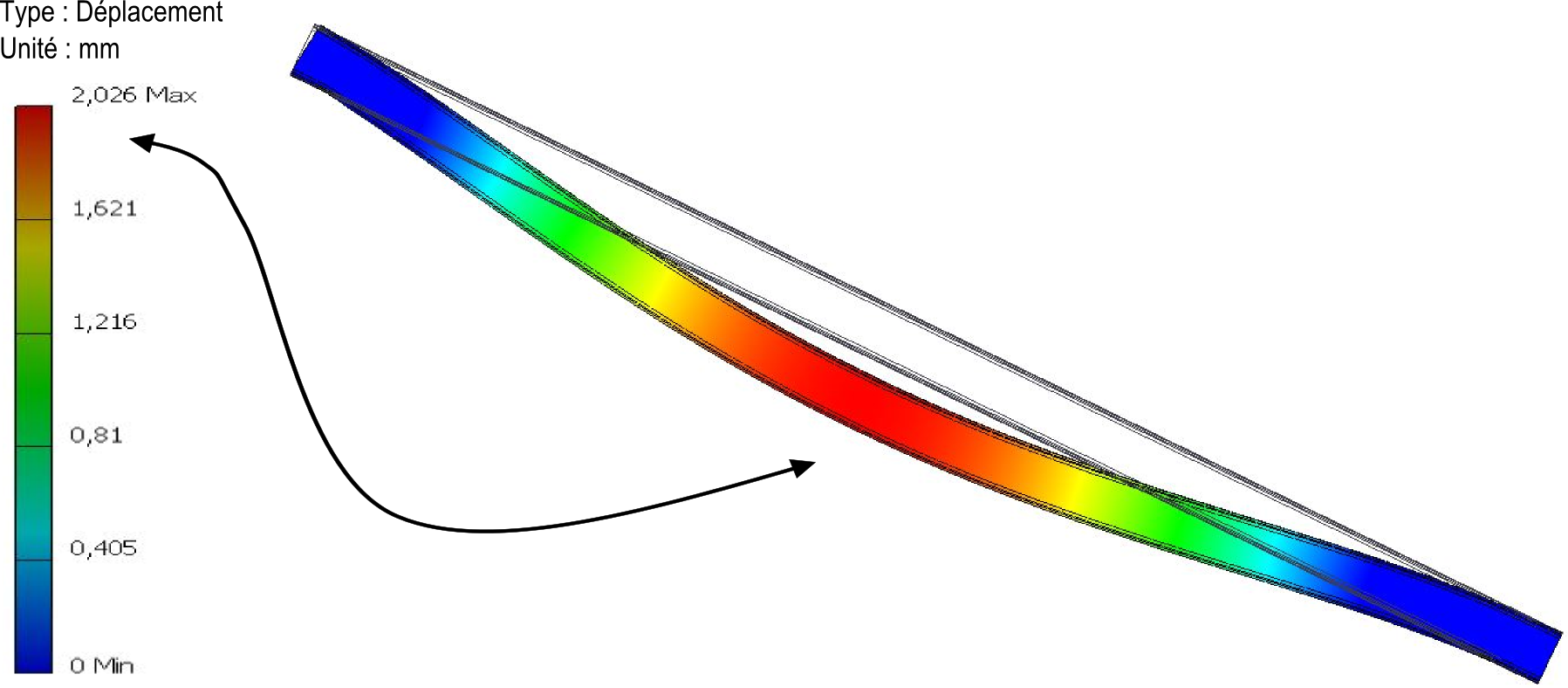
****

Ferme en treillis dit de « Polonceau »



Caractéristiques de la poutre IPE 180

* longueur : *l* = 4,4 m ;
* matériau : acier doux ;
* limite élastique : *Re* = 207 MPa ;
* module de flexion de la section : *WX-X* = 149 cm3.

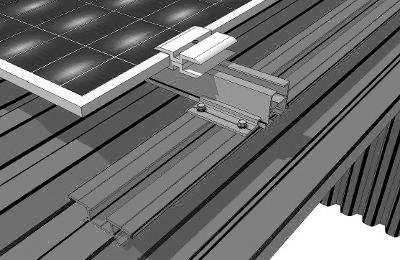


Déformée de la poutrelle sous charge extrême

**Document technique DT5**

**Caractéristiques des panneaux solaires**

Les panneaux solaires sont assemblés sur une structure en acier (rails/poutres) par l’intermédiaire de blocs de fixation. Les rails étant bloqués sur les tôles du toit de la charpente métallique.



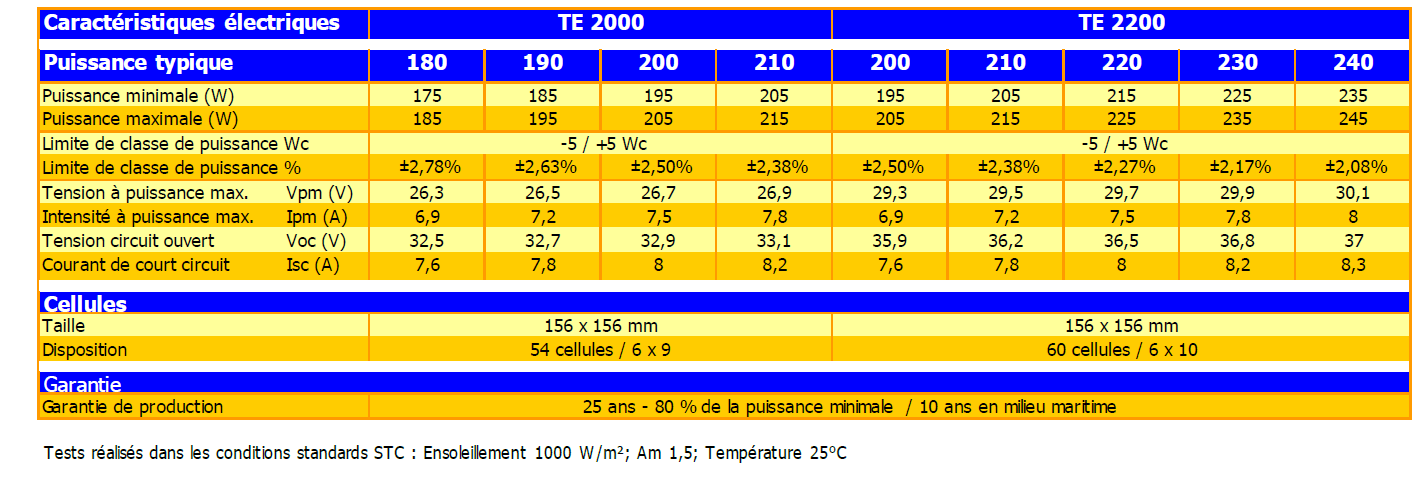
Bloc de fixation

Panneau solaire

Tôle

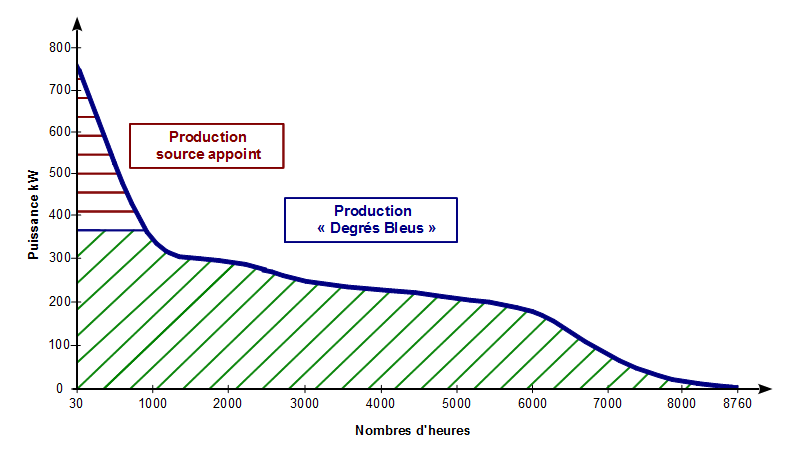
Rail

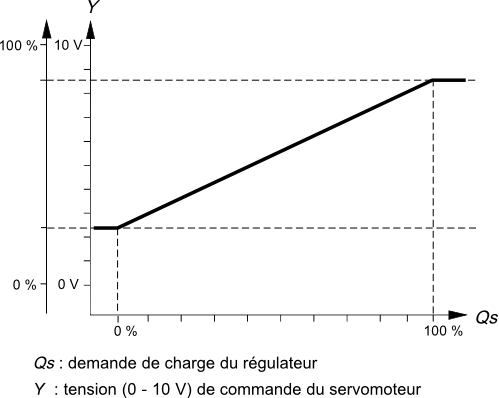
|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Masse surfacique de l’ensemble (panneaux solaires, rail, bloc de fixation) | 25 | kg·m-2 |
| Masse surfacique des tôles | 8 | kg·m-2 |



**Document technique DT6**

**Distribution annuelle des modes de chauffage**



****

**Caractéristique de pilotage du servomoteur**

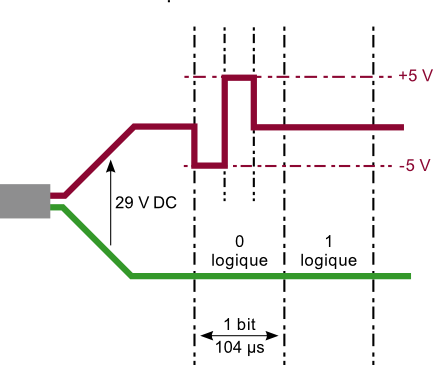
**Document technique DT7**

Le mode de transmission est un mode série différentiel.

**Codage utilisé :**

0 logique, signal alternatif d’amplitude 5 V, superposé à une tension continue de 29 V ;

1 logique, absence de signal.



**Document réponse DR1**

**Q6.**

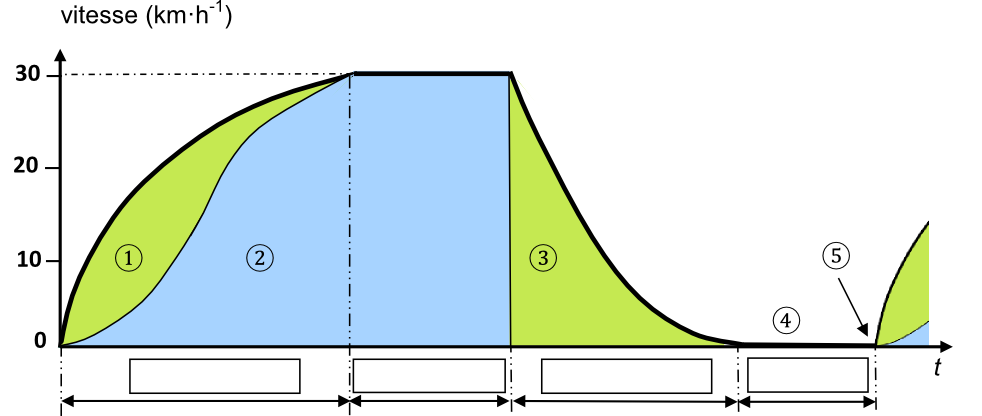
Zone 1 : puissance fournie par les batteries

Zone 2 : puissance fournie par le moteur thermique via la génératrice

Zone 3 : charge des batteries

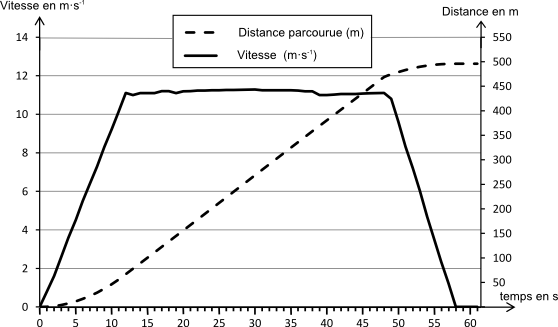
Zone 4 : moteur thermique à l’arrêt

Zone 5 : démarrage du moteur thermique

****

**Phases d’utilisation du bus hybride**

**Q12.**

****

**Caractéristique de déplacement d’une rame de tramway**

**Document réponse DR2**

**Q11.**



**Document réponse DR3**

1. 