Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV©

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour en savoir plus sur nos formations disponibles, veuillez visiter :
www.formav.co/explorer

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

SESSION 2023

SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE L'INDUSTRIE ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE

Ingénierie, innovation et développement durable

INNOVATION TECHNOLOGIQUE ET ÉCO-CONCEPTION

Durée de l'épreuve : **4 heures**

L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.
L'usage de la calculatrice sans mémoire, « type collège » est autorisé.

Dès que ce sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Ce sujet comporte 31 pages numérotées de 1/31 à 31/31.

Constitution du sujet :

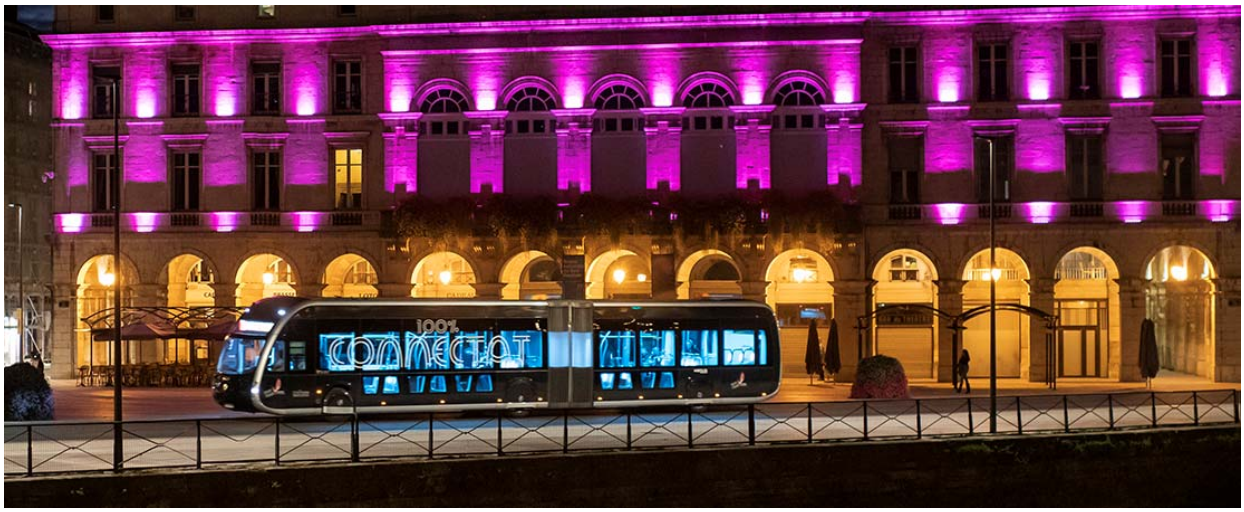
Partie commune (durée indicative 2h30)	12 points
Partie spécifique (durée indicative 1h30)	8 points

Le candidat traite les 2 parties en suivant les consignes contenues dans le sujet.
Ces 2 parties sont indépendantes et peuvent être traitées dans un ordre indifférent.

Chacune des parties est traitée sur des copies séparées.
Tous les documents réponses, mêmes vierges, sont à rendre obligatoirement avec la copie.

PARTIE commune (2,5h) ..... 12 points

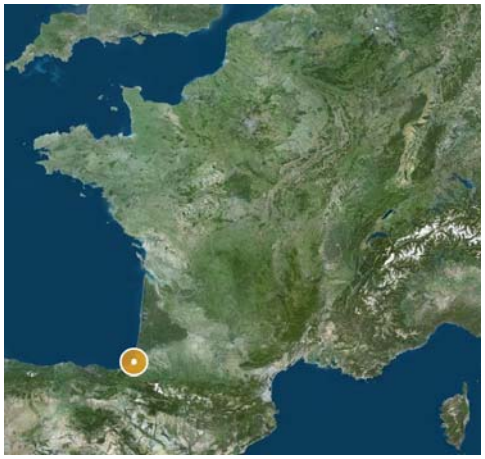
Le Trambus du Pays Basque



- **Présentation de l'étude et questionnement**..... pages 3 à 8
- **Documents techniques DT1 à DT7** ..... pages 9 à 15
- **Documents réponses DR1 à DR3** ..... pages 16 à 17

Mise en situation

Le Trambus du Pays Basque est un projet reposant sur deux lignes de 25,2 kilomètres au total, traversant les communes de Bayonne, Anglet et Biarritz.





Ces trois communes représentent ensemble une population d'environ 160 000 habitants.

Le problème de la circulation des véhicules dans l'agglomération est récurrent. C'est pourquoi cette dernière a décidé de mettre en place un nouveau service de transport en commun : le Trambus.

Les véhicules de ce projet, développé par la société IRIZAR, installée dans le Pays Basque espagnol, sont des Bus à Haut Niveau de Service (BHNS), 100% électrique, qui fonctionnent exclusivement sur batteries.

Ils sont régulièrement rechargés à chaque terminus par des infrastructures dédiées de charge rapide (3 à 5 minutes). Ce procédé est appelé « biberonnage ».



Le projet inclus la construction de trois parcs relais, situés aux terminus, permettant aux usagers de garer leurs voitures et d'utiliser ce moyen de transport « propre » et rapide.

Travail demandé

Problématique générale : comment le Trambus s'inscrit dans une démarche de développement durable ?

Partie 1 : le Trambus est-il pertinent d'un point de vue sociétal ?

Une étude de mobilité a été réalisée durant l'été 2015, une partie de ces résultats est présentée dans le DT1. Cette étude a été menée dans le but d'envisager une offre de transport en commun alternative. Elle a débouché sur la mise en place d'un Trambus composé de deux lignes nommées T1 et T2.

À partir du DT1 - 1/2 et DT1 - 2/2.

Question 1.1 DT1	**Relever** les arguments démontrant l'urgence d'augmenter l'offre de transport en commun. **Relever** les enjeux du programme du Trambus.
Question 1.2 DT1	**Calculer** l'augmentation de population due aux touristes lors de la première quinzaine du mois d'août. **Indiquer** le mode de transport privilégié par les touristes pour venir sur l'agglomération. **Donner** la part en pourcentage de ce dernier.
Question 1.3 DT1, DR1	Un projet de construction d'un quatrième parking est à l'étude. À partir du DT1, **proposer** sur le DR1 une implantation de ce dernier. **Justifier**, à l'aide du DT1, l'emplacement des parkings relais au vu des origines des véhicules transitant par l'agglomération.
Question 1.4	**Conclure** sur la pertinence du projet du Trambus d'un point de vue sociétal.

Partie 2 : le Trambus en agglomération est-il pertinent d'un point de vue écologique ?

Le choix des bus électriques permet de respecter au maximum l'environnement en réduisant les émissions polluantes dues au bus diesel.

En moyenne, un bus parcourt 200 km par jour. Les constructeurs ont défini l'analyse du cycle de vie des différents types d'autobus sur une durée de vie de 12 ans.

Question 2.1 | En 12 années de 365 jours chacune, **déterminer** la distance parcourue par un bus.

Rappel : $gCO_2e \cdot km^{-1}$ = gramme de CO_2 émis par km.

Question 2.2
DT2

À partir du graphique du DT2, **relever** la quantité de CO_2 par kilomètre émise par un bus diesel.

Pour la distance définie à la question 2.1, **déterminer** la quantité de CO_2 (en tonnes) émise par un bus diesel.

Question 2.3
DT2

À partir du graphique du DT2, **relever** la quantité de CO_2 par kilomètre émise par un bus électrique de type VEB.

Pour la distance définie à la question 2.1, **déterminer** la quantité de CO_2 (en tonnes) émise par un bus électrique de type VEB.

Question 2.4
DT2

Durant un cycle de vie complet, **déterminer** le gain en non-émission de CO_2 d'un bus électrique de type VEB par rapport à un bus diesel.

Question 2.5
DT2

Citer les avantages qui favorisent le choix d'un bus électrique de type VEB par rapport à un bus diesel.

Conclure sur la pertinence du choix du Trambus d'un point de vue écologique.

Partie 3 : le Trambus est-il la meilleure solution d'un point de vue économique ?

L'agglomération espère attirer huit millions de voyageurs par an sur le réseau du Trambus.

Question 3.1
DR 2

Calculer le nombre moyen de voyageurs qui vont transiter chaque jour sur le réseau du Trambus.

Sur le document réponse, **reporter** cette valeur sur l'axe concerné du graphique.

Une étude économique a permis de comparer deux modes de transport électrique : le tramway et le Trambus. Celle-ci vous est présentée dans le DR2.

Question 3.2
DR 2

Pour le nombre de voyageurs calculé à la question précédente, **relever** le coût, pour l'agglomération, d'un voyageur et ceci pour chaque mode de transports.

Question 3.3 | **Conclure** sur la pertinence du projet du Trambus d'un point de vue économique.

Partie 4 : les apports d'énergie électrique sont-ils suffisants pour que les véhicules puissent effectuer les trajets aller-retour quotidiens ?

L'énergie électrique nécessaire au déplacement des véhicules est stockée dans des batteries. La recharge complète des batteries est effectuée au dépôt durant la nuit. Des recharges partielles (biberonnage) sont opérées à chaque terminus durant 5 minutes par l'intermédiaire d'une borne de recharge rapide (voir DT3).

La distance entre les deux terminus Bayonne Marrac et Tarnos Garròs est de 13,3 km. La desserte est assurée par huit véhicules.

L'étude suivante définit l'énergie quotidienne nécessaire pour un bus, afin de rendre le service demandé dans les conditions les plus sévères pour la journée du vendredi.

Question 4.1
DT4 | À partir des horaires définis pour la journée du vendredi, **démontrer** que l'ensemble de véhicules effectue une soixantaine de trajets aller-retour.

Question 4.2 | **Déterminer** le nombre de trajets aller-retour effectué par chaque véhicule (arrondir le résultat au nombre entier supérieur).

Déterminer le nombre de km parcouru par chaque véhicule dans ce cas.

Pour la suite, la distance journalière parcourue par un véhicule sera arrondie à 200 km.

Question 4.3
DT5 | À partir du document technique, **déterminer** l'énergie en kW·h que chaque véhicule doit stocker pour parcourir la distance journalière, dans les conditions climatiques les plus sévères.

Le constructeur indique qu'une batterie peut stocker une énergie de 50 kW·h.

Question 4.4 | **Déterminer** le nombre de batteries nécessaires pour stocker l'énergie totale calculée à la question précédente.

La vue de dessus du véhicule est présentée sur le document technique DT6. Les batteries ne sont pas superposables mais posées côte à côte.

Question 4.5
DT6 | **Déterminer** le nombre maximal de batteries positionnables sur le toit à l'emplacement prévu.

Conclure sur la faisabilité de la solution technique et **justifier** la nécessité du biberonnage.

Le biberonnage permet de recharger partiellement les batteries à chaque terminus durant cinq minutes grâce à un système de pantographe implanté sur le toit. Chaque borne de recharge délivre une puissance égale à 500 kW (voir document DT3).

L'énergie nécessaire pour un trajet d'un terminus à l'autre est estimée à 47 kW·h.

Question 4.6 | **Déterminer** l'énergie (en kW·h) apportée à l'ensemble des batteries durant l'arrêt au terminus. **Comparer** ce résultat avec la consommation sur un trajet.

En début de journée, la recharge étant complète, l'énergie stockée par l'ensemble des batteries est égale à 150 kW·h. Chaque véhicule effectue huit trajets aller-retour par jour.

Question 4.7 | **Déterminer** la charge restant dans la batterie en fin de journée.

Question 4.8 | **Conclure** sur la capacité des véhicules à parcourir les huit trajets aller-retour quotidiens.

Partie 5 : le design de la borne suffit-il à sa propre stabilité ?

Dans cette étude, il va être question de la borne de recharge rapide aux terminus en bout de ligne (Voir photo ci-contre).



Le centre de gravité a comme coordonnées dans le repère (O, x, y) : G (1830, 2090) - voir document DR3.

Le point A modélise, dans le plan de l'étude, le centre de la liaison mécanique de l'action du sol sur la borne : A (2500, 0).

Question 5.1

DR3 | À l'aide du schéma de la borne de recharge sur le document réponse DR3, **identifier** le centre de gravité (G), parmi les trois points proposés G1, G2 et G3.

Le poids propre de la borne constitue la charge prépondérante à laquelle elle est soumise. Son enveloppe est composée d'une structure en tôle laquée.

Données

- Masse de l'enveloppe : 144 kg
- Masse des éléments internes à cette borne : 120 kg
- Accélération de la pesanteur : g = 9,81 $m \cdot s^{-2}$

Question 5.2 DR3	**Calculer** le poids (P) de la borne complète puis **représenter** cet effort sur le document réponse. Échelle de représentation : 1 cm → 500 N

Une distance existe entre le centre de gravité et la droite verticale passant par le point A (pied de la borne).

Question 5.3 DR3	À l'aide des coordonnées du centre de gravité G et du point A, **déterminer** la cote séparant G et A en projection sur l'axe x. **Représenter** cette cote sur le document réponse DR3.

Pour garantir l'équilibre de la borne, l'action mécanique du sol sur la borne doit s'opposer à l'action du poids de la borne sur le sol.

Question 5.4	**Déterminer** le type de liaison qui peut permettre de réaliser cette condition d'équilibre.

Partie 6 : le Trambus s'inscrit-il dans une démarche de développement durable ?

Question 6.1 DT7	En synthèse, **conclure** sur le bien-fondé du choix d'un bus électrique d'un point de vue développement durable puis sur la plus-value qu'apporte le système de biberonnage.

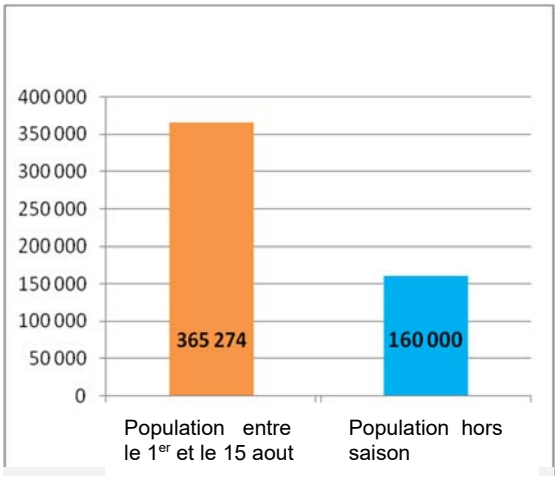
DT1 – 1/2 : étude sur la mobilité (année 2015)

Si rien n'est fait, le territoire de l'agglomération bayonnaise comptera 30% de voitures en plus dans 10 ans. Cette situation conduira inéluctablement, d'ici quelques années, à un engorgement des voies de circulation automobile. C'est pourquoi, dès 2009, les élus ont décidé d'engager une politique volontariste en matière de transports collectifs.

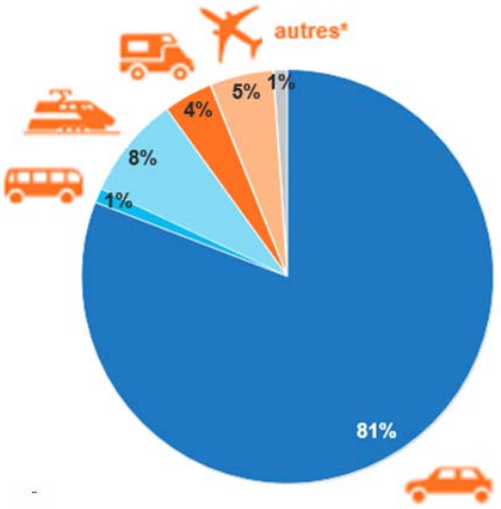
L'objectif est de proposer une offre alternative à la voiture, en mettant en œuvre un nouveau système de mobilité, dans lequel la voiture conserve sa place, mais ne se positionne plus en mode unique. Les élus souhaitent favoriser le report modal de la voiture vers des modes de transport plus responsables et lutter ainsi contre la congestion urbaine. Avec le programme Trambus, les élus espèrent enrayer la logique de « tout voiture » et instaurer une autre culture du déplacement sur le territoire.

Les enjeux du programme Trambus sont multiples :

- maintenir la qualité de vie, véritable atout du territoire, en luttant contre la dégradation engendrée par l'utilisation massive de la voiture (bruit, pollution, embouteillages…) ;
- proposer une solution alternative et fiable de déplacement, même aux heures de pointe ou en pleine saison estivale ;
- offrir une solution de déplacement à budget maitrisé et favoriser la complémentarité des différents modes alternatifs (bus, vélo, marche à pied…).

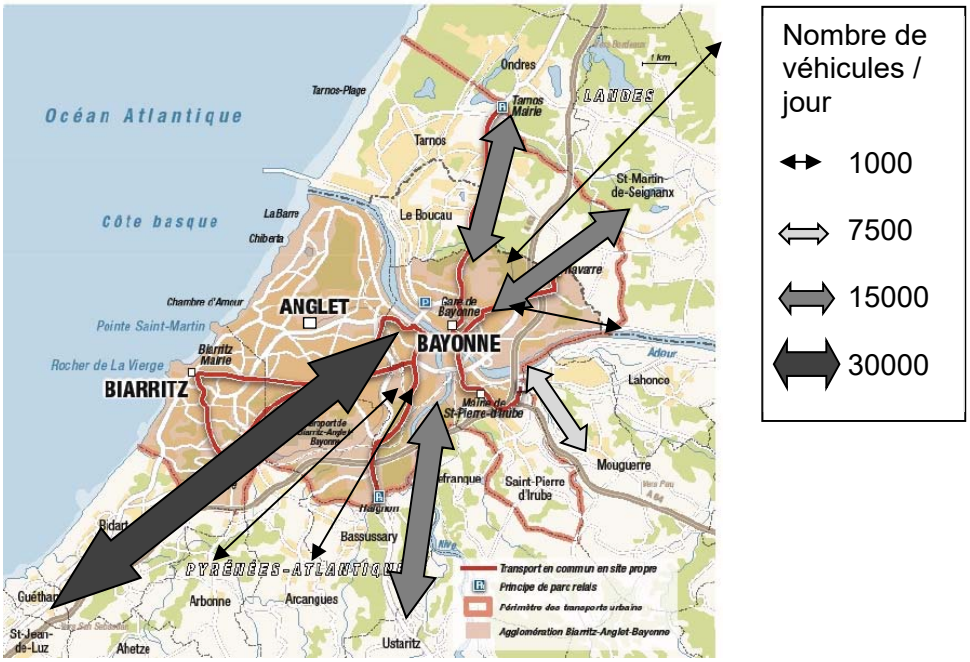


Nombre de personnes présentes sur l'agglomération bayonnaise



Modes de transports privilégiés par les touristes pour venir sur l'agglomération bayonnaise

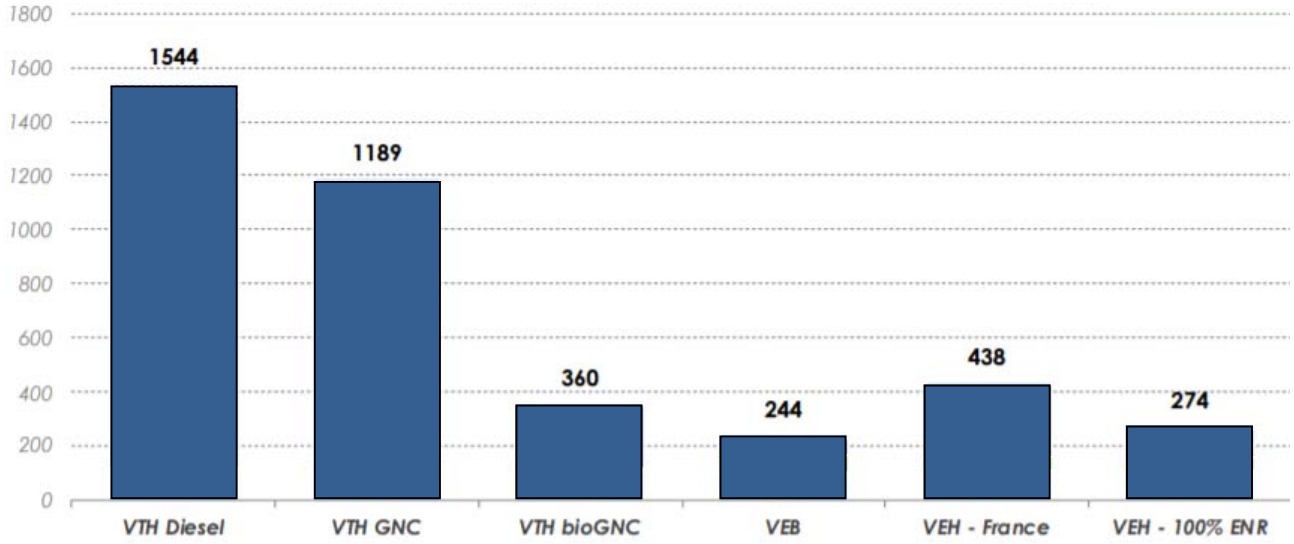
Nombre et origine des véhicules transitant par l'agglomération



DT2 : empreinte carbone suivant le type d'autobus

Glossaire :

- VTH : Véhicule Thermique
- VEB : Véhicule Électrique à Batteries
- VEH : Véhicule à Hydrogène (pile à combustible)
- GNV / GNC / GNL : Gaz Naturel Véhicule / Comprimé / Liquéfié



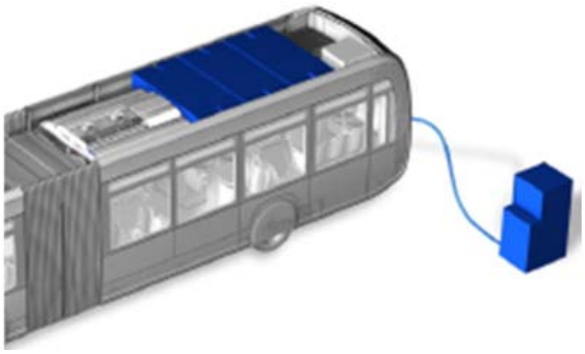
Empreinte carbone moyenne ($gCO_2e \cdot km^{-1}$) sur la durée de vie d'un autobus en France
Les valeurs indiquées correspondent à la totalité des émissions par type de véhicule
Source : Analyse carbone 4

Dans une actualité mise en ligne sur son site en date du 12 novembre 2018, la fédération européenne pour le transport et l'environnement se réjouit de la position de l'Europe en faveur des autobus électriques, et souligne que ces véhicules sont dès aujourd'hui financièrement plus avantageux pour la collectivité que les modèles diesel. À condition de prendre en compte les coûts sanitaires liés aux pollutions atmosphérique et sonore, mais aussi l'impact sur le climat de l'exploitation de ces engins.
Analyste chez Transport & Environnement, Lucien Mathieu indique dans une conclusion qui paraît sans appel : « Les bus électriques sont le meilleur choix à tous les égards. En phase de roulage, ils ne dégagent aucune émission de CO_2 et sont silencieux, confortables et économiques ».
Auteur : Philippe Schwoerer

DT3 : recharge des batteries

La recharge des batteries est effectuée en plusieurs temps :

- une charge lente complète au dépôt par prise Combo2 durant la nuit. La puissance fournie par le chargeur est égale à 50 kW. Le temps de charge est estimé à 3h ;



- des recharges rapides partielles par pantographe à chaque terminal de la ligne. La borne de recharge est implantée au terminal et fournit une puissance de 500 kW. Le temps de charge correspondant au temps d'arrêt du bus est de 5 min.



DT4 : horaires de la ligne T2

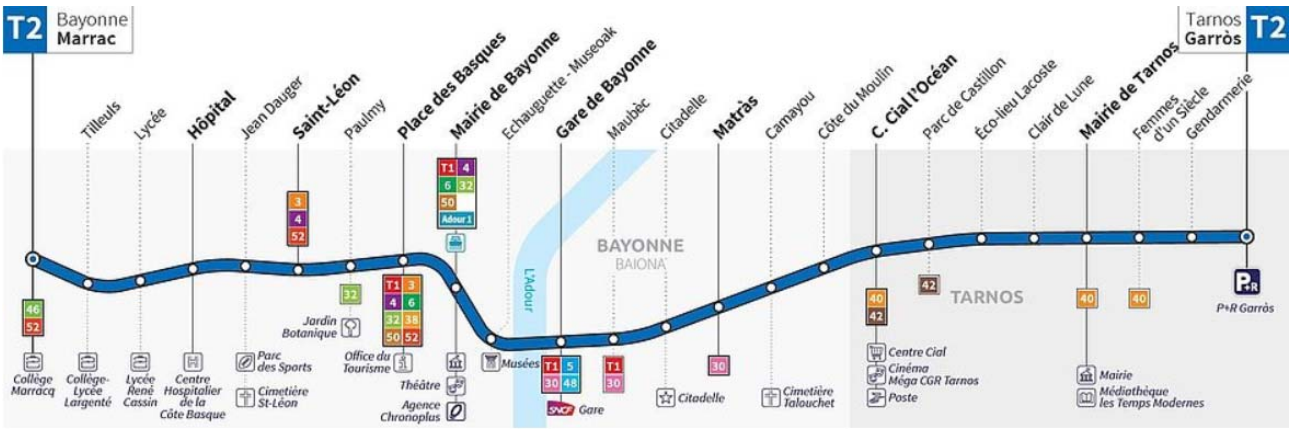
T2

Bayonne Marrac

↕

Tarnos Garròs

Du lundi au vendredi	Le samedi	Le dimanche
De 6h à 7h Toutes les 20 mn	De 6h à 7h Toutes les 30 mn	
De 7h à 19h Toutes les 15 mn	De 7h à 14h Toutes les 20 mn	De 7h30 à 14h Toutes les 1h15
De 19h à 00h Toutes les 30 mn	De 14h à 19h Toutes les 15 mn	De 14h à 20h30 Toutes les 45 mn
	De 19h à 00h Toutes les 30 mn	

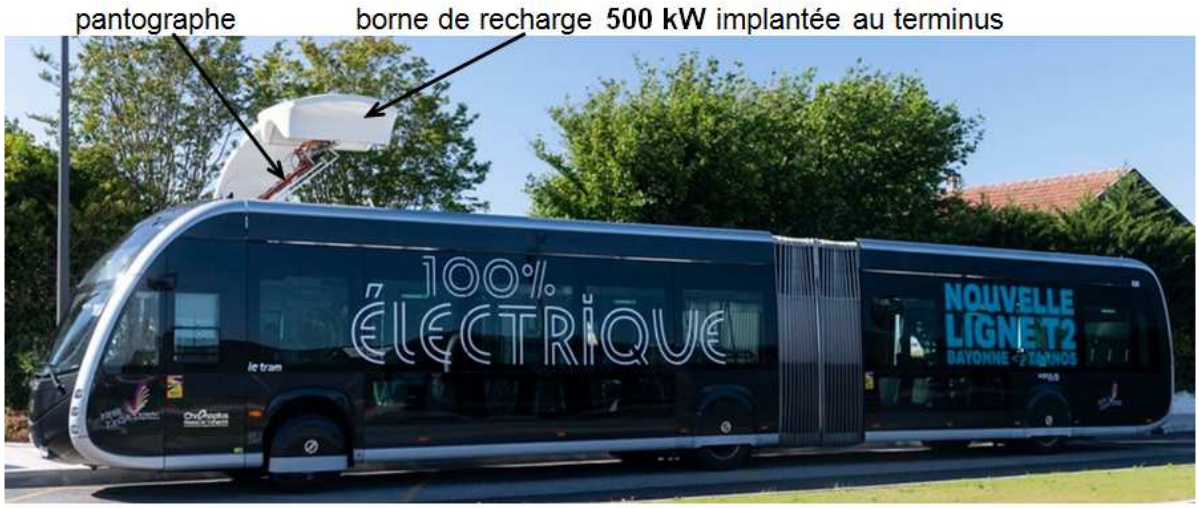


DT5 : taux de consommation

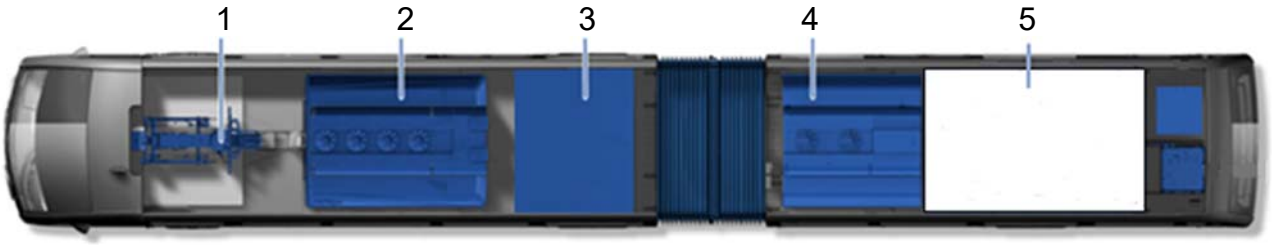
Le constructeur indique les taux de consommation d'un véhicule à km équivalent selon les sources de données.

	Consommation théorique (données constructeur/km)		
	Conditions climatiques moyennes (20- 25°C) à mi charge	**Conditions climatiques moyennes (20-25°C) à pleine charge**	**Conditions climatiques sévères (T°>35°C) et pleine charge**
Taux moyen ($kW \cdot h \cdot km^{-1}$)	2,55	3,2	3,7

DT6 : implantation du matériel sur le véhicule.



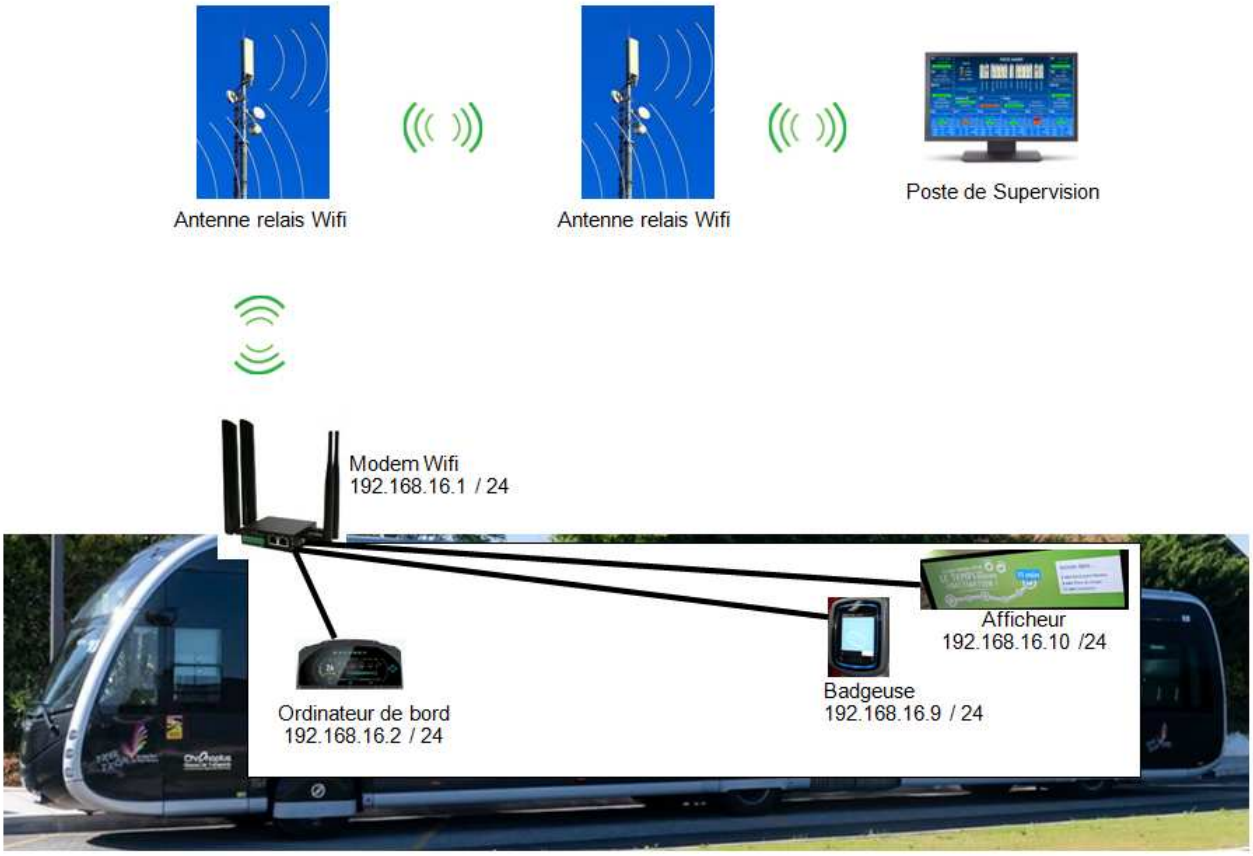
Véhicule en vue de dessus :



Taille d'une batterie représentée à l'échelle : batterie

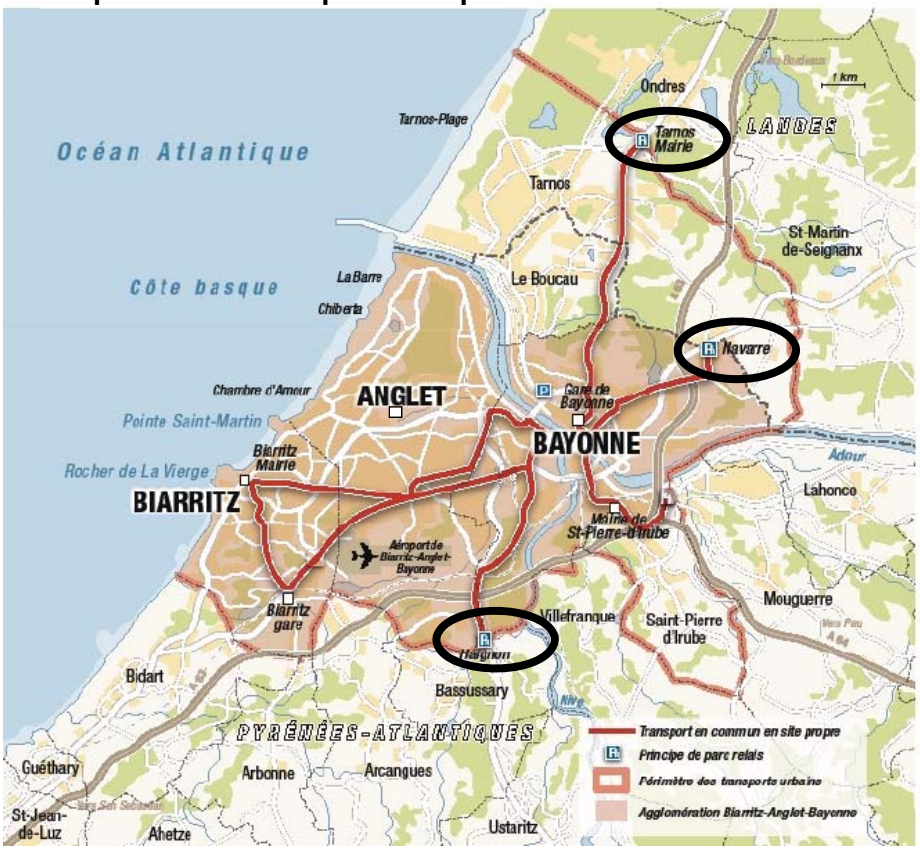
- repère 1 : pantographe pour recharge au terminus
- repères 2 et 4 : systèmes de refroidissement
- repère 3 : matériel auxiliaire
- repère 5 : zone réservée pour l'implantation des batteries alimentant le moteur de traction

DT7 : plan du réseau informatique du Trambus



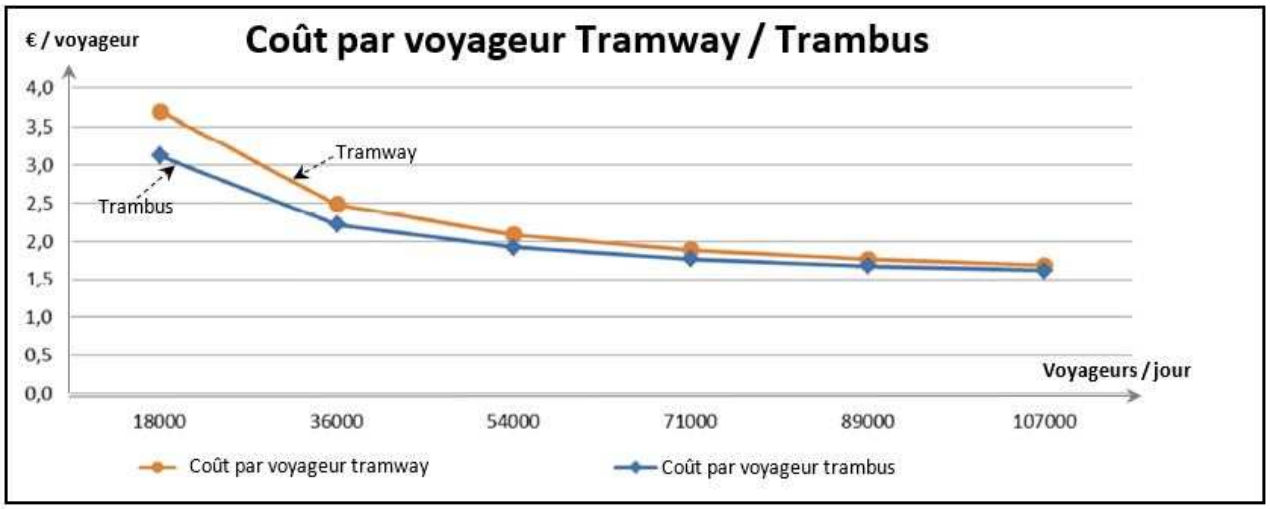
DOCUMENT RÉPONSES DR1

Implantation d'un quatrième parc relais



DOCUMENT RÉPONSES DR2

Coût par voyageur tramway / TramBus



Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

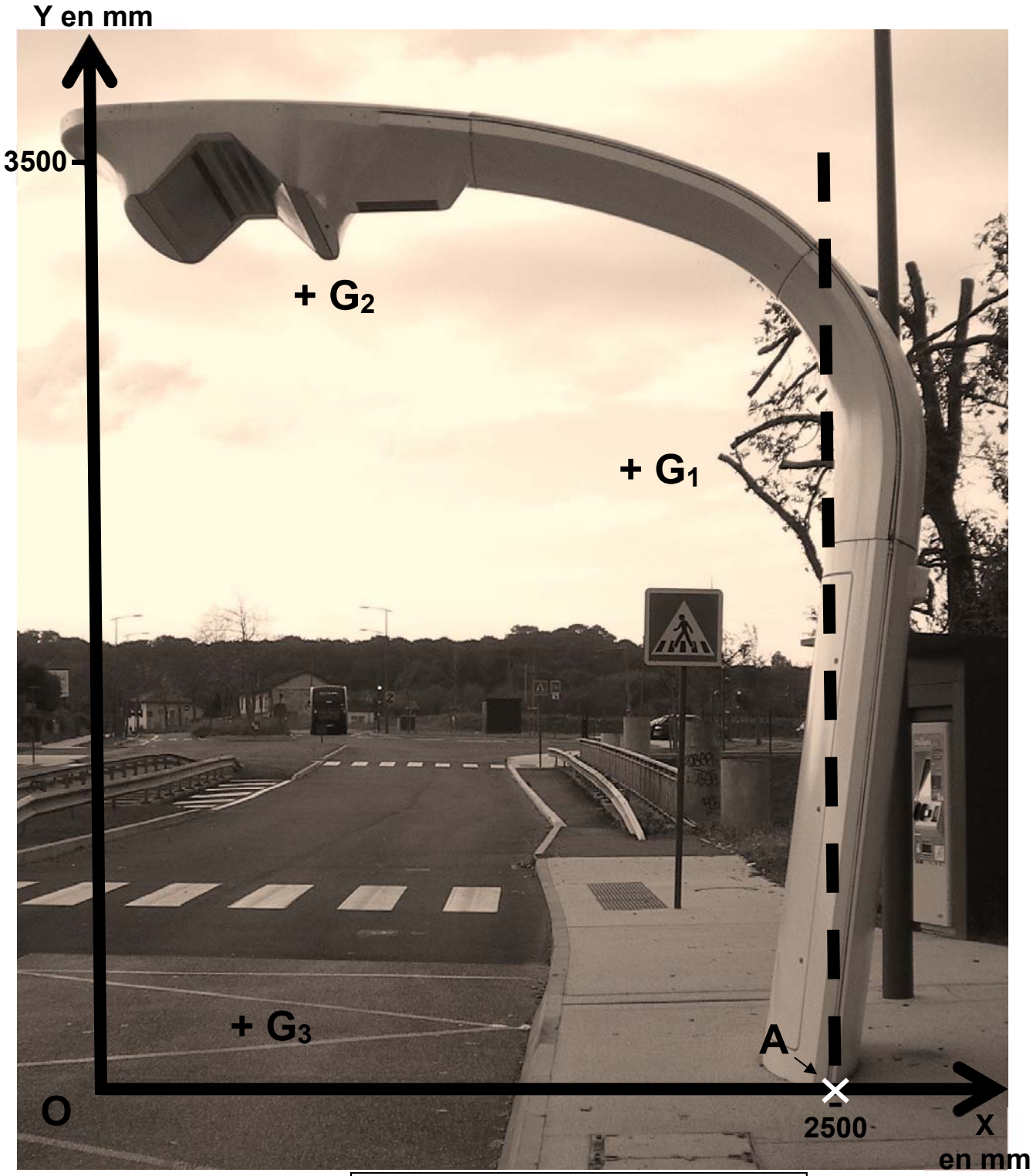
Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2

DOCUMENT RÉPONSES DR3

Schéma simplifié de la borne de recharge



Échelle : 1/20ème

Projection du point de fixation

Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2

PARTIE enseignement spécifique (1,5h) ..... 8 points

Innovation Technologique et Éco-Conception

Trambus de Bayonne

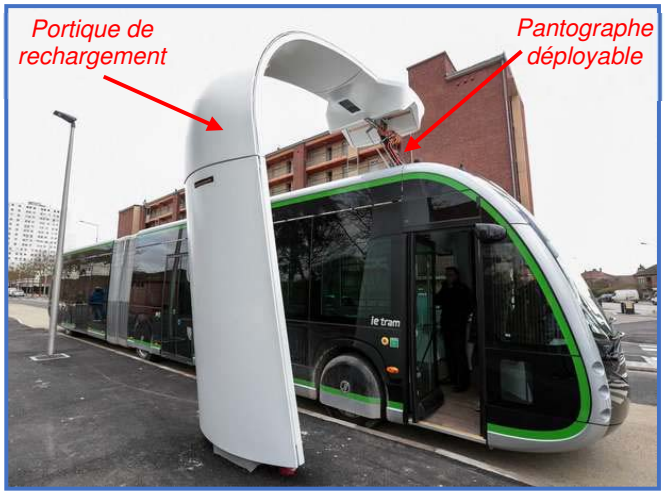


- **Présentation de l'étude et questionnement.....** pages 19 à 23
- **Documents techniques DTS1 à DTS5** ..... pages 24 à 28
- **Documents réponses DRS1 à DRS4** ..... pages 29 à 31

Mise en situation

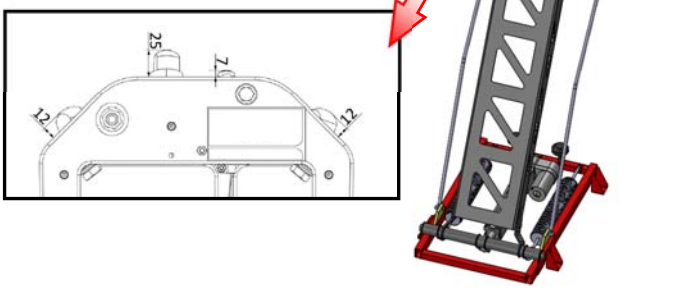
Le Trambus de Bayonne est 100% électrique et alimenté par batteries. La solution choisie pour le rechargement de ces batteries est le ***biberonnage,*** qui consiste à profiter des arrêts que le bus électrique marque sur son trajet quotidien, pour recharger ses batteries de quelques pour cent.

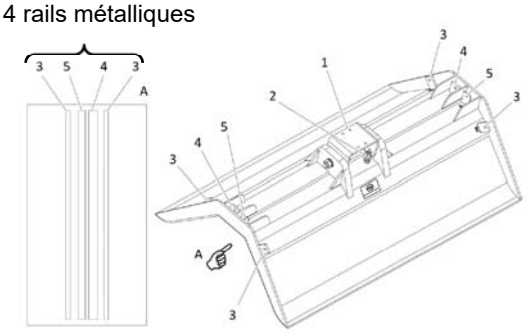
Le système de biberonnage choisi pour le Trambus de Bayonne est un pantographe déployable (situé sur le toit du Trambus) qui vient assurer le contact électrique avec un portique de rechargement lors des arrêts (le portique de rechargement est relié au réseau EDF).





Sur le contacteur du pantographe sont présents 4 contacts de différentes hauteurs qui, lors du déploiement du pantographe, viendront se plaquer contre les 4 rails métalliques présents sur le portique de rechargement. À partir de ce moment-là, la charge de la batterie du Trambus est établie.





Constitution du contacteur et du portique de rechargement

Travail demandé

Partie A : la cinématique du mécanisme permet-elle le respect du cahier des charges ?

Question A.1

DTS1, DTS2

Déterminer la nature des mouvements suivants :

- mouvement 6/0,
- mouvement 1/0,
- mouvement 5/4.

Question A.2

DTS1, DTS2

DRS1

Déterminer la nature de la liaison entre les sous-ensembles 6 et 2. P**réciser** son centre.

Compléter le tableau de ses degrés de liberté.

À partir de la représentation 3D du mécanisme du DTS1, et plus précisément de la vue en coupe, **justifier** la modélisation de cette liaison dans le schéma cinématique.

Le document DTS2 représente le pantographe dans trois positions successives a, b et c. En position déployée (position c) le contacteur doit être vertical pour assurer la qualité de la connexion avec le portique de recharge. On se propose de vérifier que la cinématique du système permet de respecter cette verticalité du contacteur.

L'épure du DRS2 représente le pantographe en position intermédiaire (ouverture à 30°). Lorsque le pantographe est complètement déployé, son bras forme un angle de 60° avec l'horizontale.

Question A.3

DTS1, DTS2

DRS2

Tracer les trajectoires des points A et B_1 ($T_{A\ 1/0}$ et $T_{B1\ 6/0}$).

Question A.4

DTS1, DTS2

DRS2

Déterminer la position du point A lorsque le pantographe est complètement déployé. Cette nouvelle position est nommée A'.

Question A.5

DTS1, DTS2

DRS2

Déterminer la position du point B_1 lorsque le pantographe est complètement déployé. Cette nouvelle position est nommée B_1'.

Question A.6 DTS1, DTS2 DRS2	**Déterminer** la position du point C lorsque le pantographe est complètement déployé. Cette nouvelle position sera nommée C'.

Question A.7 DRS2	**Indiquer** l'angle d'inclinaison du contacteur, **valider** que le pantographe est vertical en position déployée.

Le cahier des charges impose que le pantographe se referme dans un temps compris entre 3 et 5 secondes. Afin de valider ce point du cahier des charges, une simulation numérique est réalisée ; trois paramètres d'entrée sont possibles :

- la vitesse angulaire du bras ;
- la vitesse d'élévation verticale du contacteur ;
- la vitesse de la tige du vérin électrique.

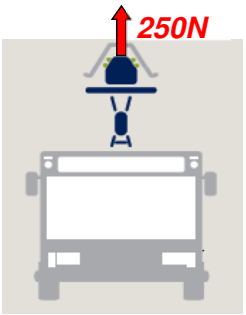
Le document DTS3 présente l'évolution de ces trois paramètres pendant la phase de repliement du pantographe.

Question A.8 DTS1, DTS2, DTS3	**Justifier** le choix fait de retenir la vitesse de la tige du vérin électrique comme paramètre d'entrée de la simulation.

Partie B : quel est l'utilité des ressorts pour le fonctionnement du pantographe ?

Pour assurer la qualité du contact électrique entre le connecteur et le portique pendant la phase de rechargement, le cahier des charges impose le maintien d'un effort presseur de 250 N minimum. C'est le ressort qui permet de répondre à cette exigence.

Le document DRS3 représente le pantographe en position déployé. Il présente les résultats obtenus par simulation des actions mécaniques exercées sur le bras 1. Dans cette position le vérin n'a pas d'action.



Question B.1 DRS3	**Préciser** la direction de l'effort des ressorts sur le bras $\overrightarrow{F_{3\to1}}$. **Justifier** votre réponse. **Tracer** cette direction sur la figure du DRS3

On rappelle que pour un ressort $F = k * (L-L_0)$ avec :
F = effort exercé par le ressort (en N)
k = raideur du ressort (en $N \cdot mm^{-1}$)
L = longueur du ressort étiré (en mm)
L0 = longueur du ressort au repos (en mm)

Question B.2 DRS3	**Calculer** l'intensité de l'effort exercé par un ressort sur le bras. En **déduire** l'intensité de l'effort $\overrightarrow{F_{3\rightarrow 1}}$ exercé par les deux ressorts. **Reporter** cette valeur dans le tableau du DRS3.

Question B.3 DRS3	**Représenter** sur le DRS3, au point E2, l'effort $\overrightarrow{F_{3\rightarrow 1}}$ des ressorts sur le bras. (Échelle 1cm pour 1000N).

Pendant la phase de repliement du pantographe le vérin est sorti, la distance entre les points K et E2, représentée sur DRS3, augmente. Le document DTS3 présente les résultats de simulation du repliement du pantographe et notamment l'évolution de l'effort exercé par le vérin et la puissance développée par le vérin.

Question B.4	**Expliquer** pourquoi cet effort augmente pendant cette phase de repliement. **Expliquer** pourquoi la puissance développée par le vérin augmente pendant cette phase de repliement.

Question B.5 DRS3	À l'inverse pendant la phase de déploiement du pantographe, **expliquer** quel est le comportement du vérin.

Question B.6	**Conclure** sur l'utilité des ressorts pour le fonctionnement du pantographe.

Partie C : quel vérin choisir pour assurer la fermeture du pantographe ?

Le document DTS3 présente les résultats de simulation du repliement du pantographe et notamment l'évolution de l'effort exercé par le vérin, la course et la vitesse de sa tige. Le cahier des charges impose que le pantographe se déploie et se replie dans un temps compris entre 3 et 5 secondes.

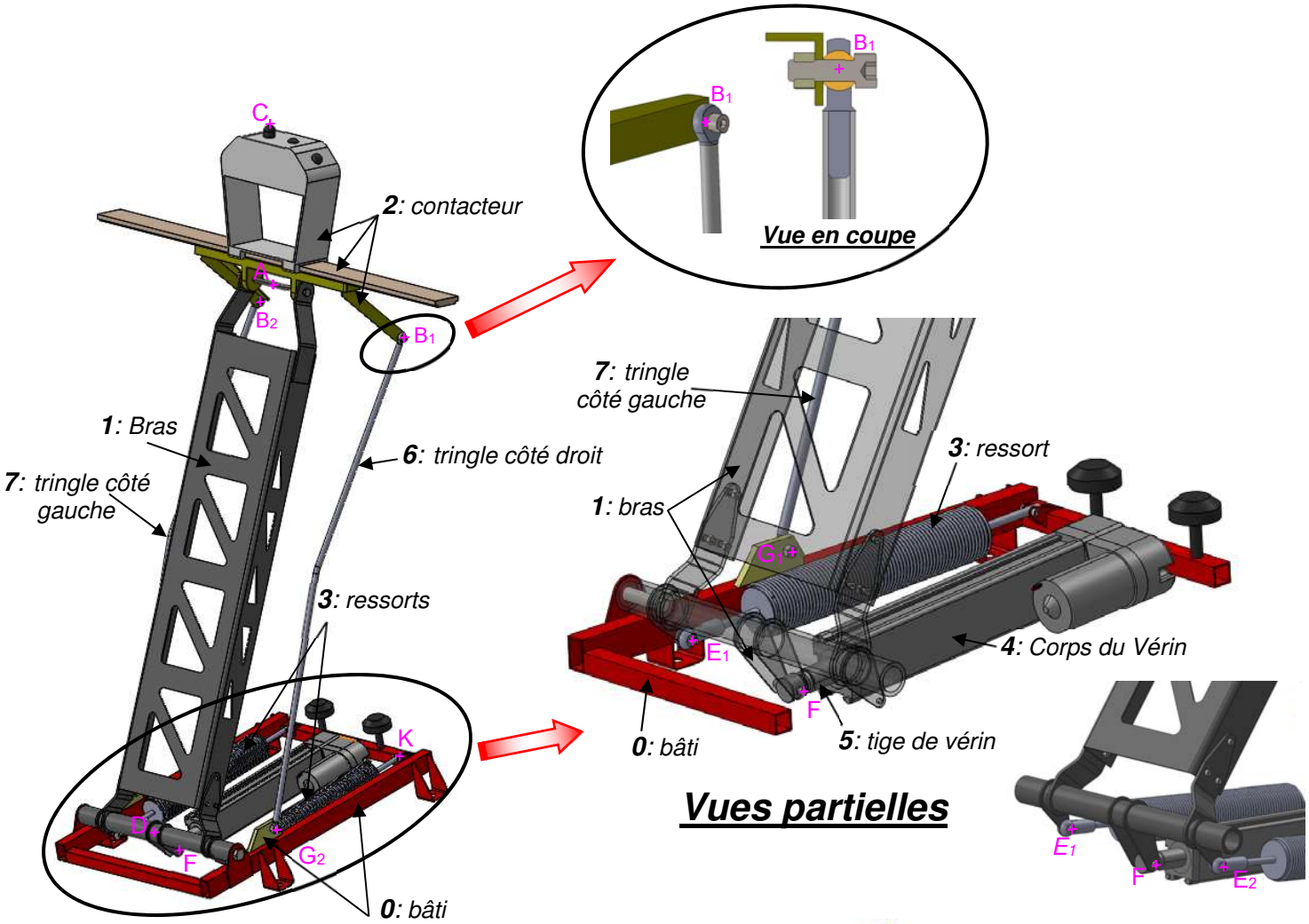
Question C.1 DTS3	**Relever** le temps de repliement du pantographe défini dans la simulation. **Conclure** sur le respect du cahier des charges.
Question C.2 DTS3	**Relever** l'effort maximum que doit fournir le vérin pour replier le pantographe.
Question C.3 DTS4	**Déterminer** les références des vérins qui permettent de fournir cet effort.
Question C.4 DTS3, DTS4	**Relever** la vitesse de translation de la tige et la course maximale du vérin. **Indiquer** la référence complète du vérin qui peut être utilisé.

Partie D : comment dimensionner le bras du pantographe ?

Pour la réalisation du bras du pantographe, le concepteur à envisagé deux solutions sur la base d'une tôle en acier plié en U, voir DTS5.

Question D.1 DTS5 DRS4	**Relever** la limite d'élasticité du matériau et **reporter** cette valeur dans le DRS4.
Question D.2 DTS5 DRS4	**Relever** pour chaque forme du bras : • la contrainte maximum ; • le déplacement maximum ; • la masse. **Calculer** le coefficient de sécurité pour chaque forme du bras.
Question D.3 DTS5	**Comparer** le comportement de ces deux formes en termes de résistance et de rigidité. **Choisir** la solution la plus pertinente et **justifier** ce choix.

Document technique DTS1 : constitution et fonctionnement du pantographe



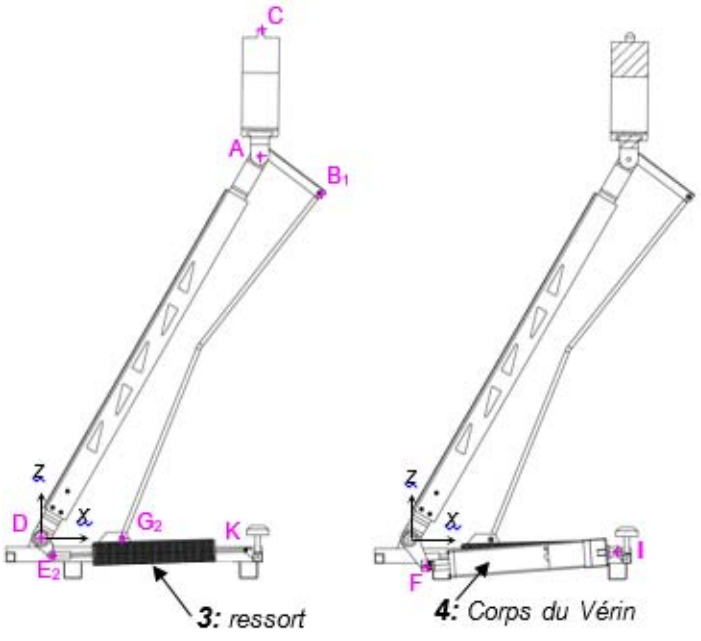
Fonctionnement du pantographe :

Le déploiement et le repli du pantographe sont réalisés par la combinaison des actions :

- d'un vérin électrique (ensemble 4+5) ;
- de deux ressorts 3

Une tringle 6 permet d'orienter le contacteur verticalement en position déployée et rabattu en position repliée (voir DTS2).

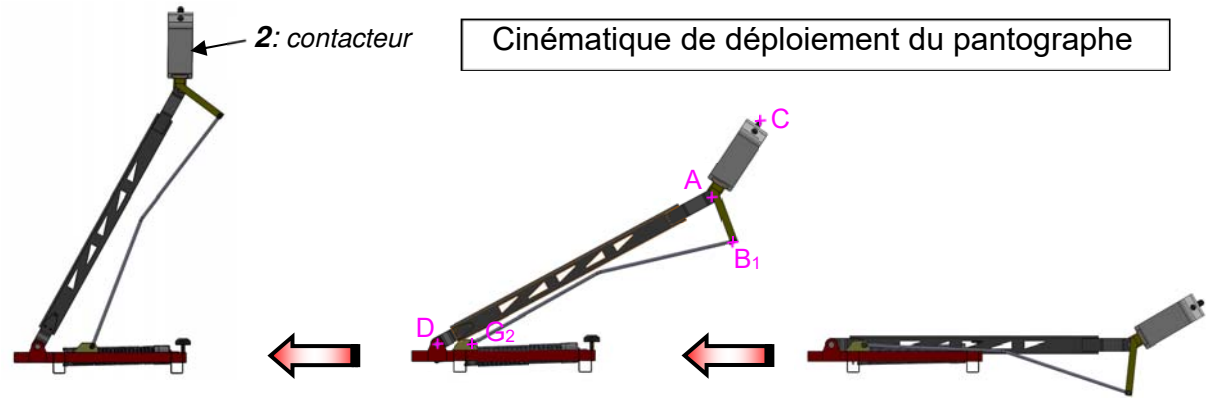
23-2D2IDITECLR1



Document technique DTS2 : cinématique du pantographe

Lorsque le Trambus est en circulation, le pantographe est replié sur le toit du véhicule (*position a*). Lors des phases de rechargement, le pantographe est déployé (position c).

Cinématique de déploiement du pantographe

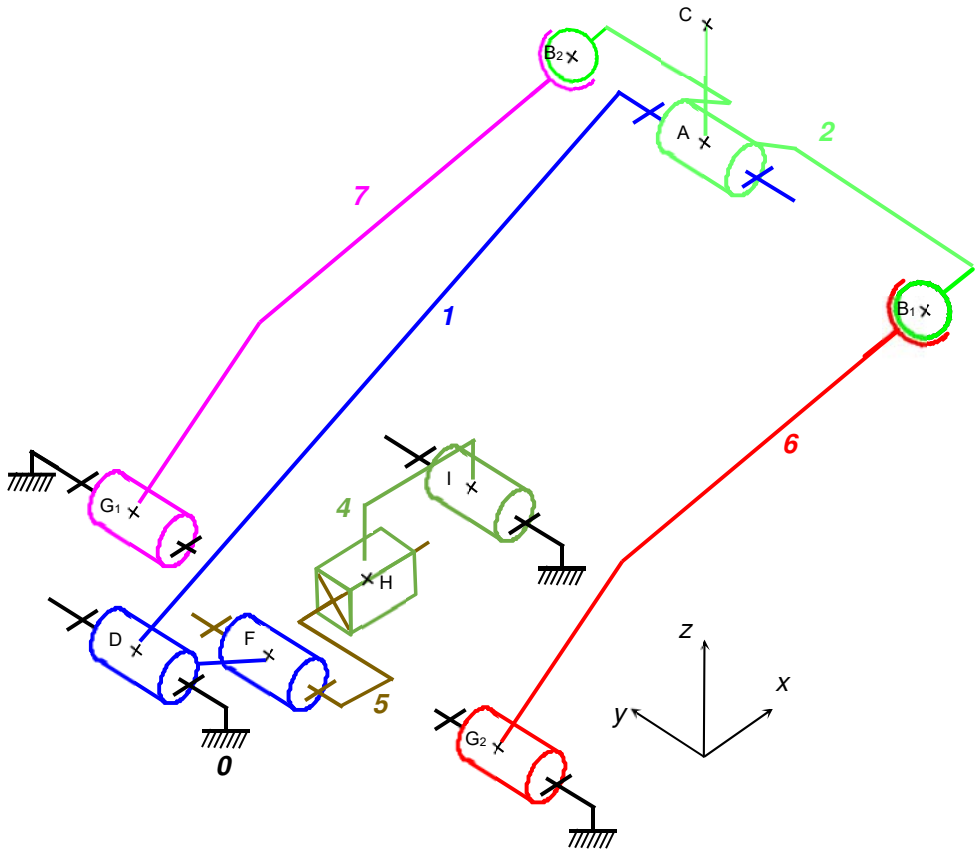


ⓒ *Pantographe déployé*

ⓑ *Pantographe en cours de déploiement*

ⓐ *Pantographe replié*

Schéma cinématique du pantographe

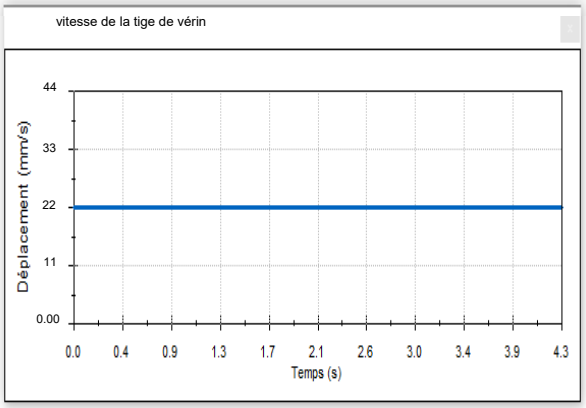


Remarque : les ressorts ***3*** n'apparaissent pas sur le schéma cinématique

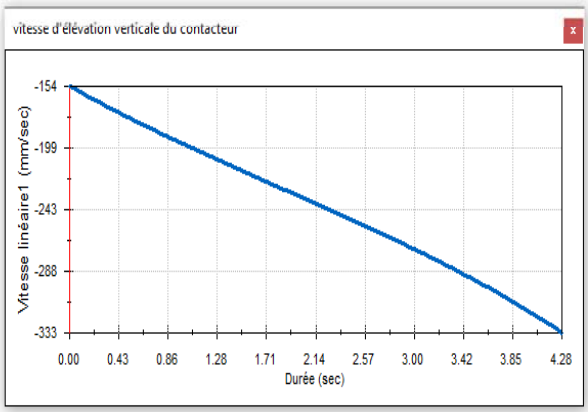
Document technique DTS3 : simulation du repliement du pantographe

a) Paramètres d'entrée envisageables pour la simulation :

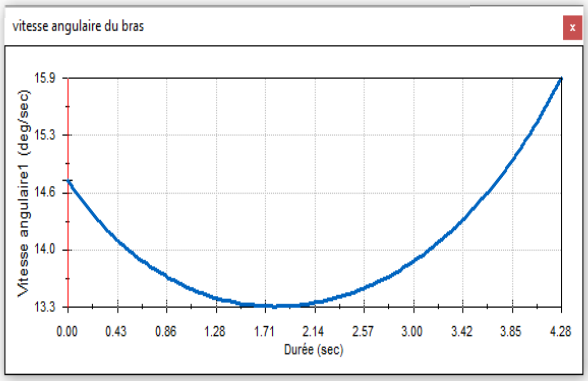
Vitesse de la tige de vérin :



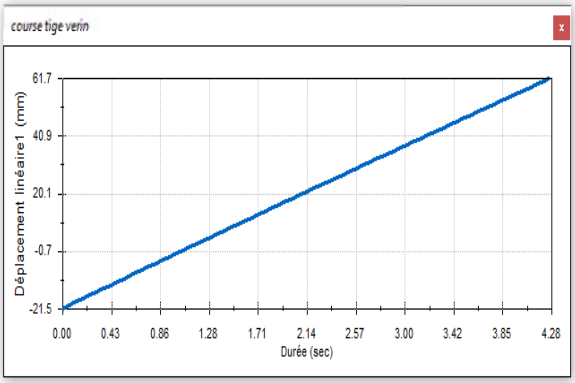
Vitesse d'élévation verticale du contacteur :



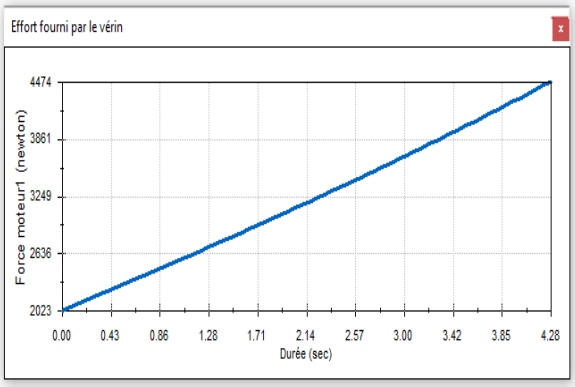
Vitesse angulaire du bras :



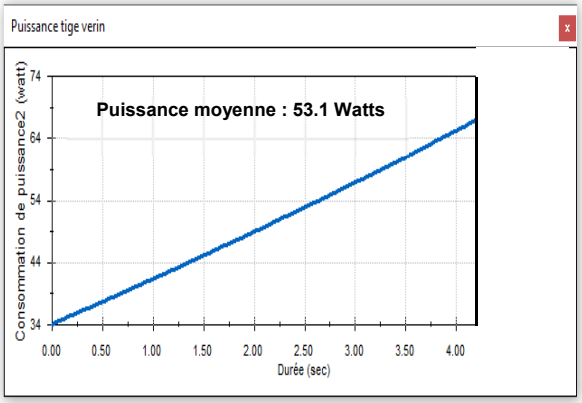
Course de la tige du vérin :



Effort fourni par le vérin :

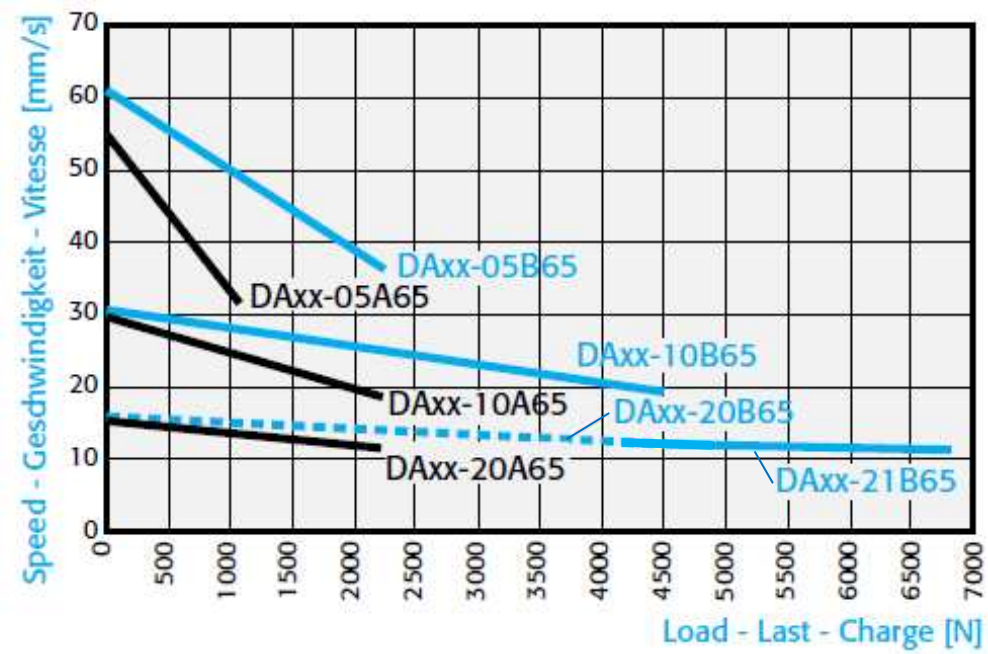


Puissance développées par le vérin :



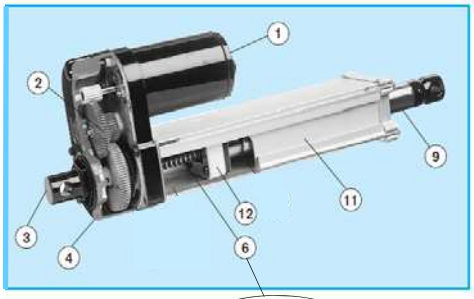
Document technique DTS4 : choix du vérin - fermeture du pantographe

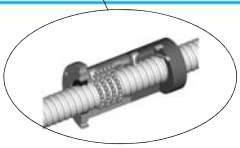
a) Vitesse des vérins en fonction de la charge :

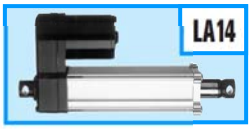


b) Constitution du vérin :

Tension d'alimentation du vérin : 24V







1) Moteur
2) Réducteur à engrenages
3) Chape de fixation
4) Boitier de réducteur
6) Vis + écrou à bille (liaison glissière hélicoïdale)
9) Tige de vérin
11) Boitier de protection du système vis/écrou
12) Ecrou à billes

c) Courses des vérins et désignations:

Standard Models / Standard Modelle / Modèles Standard

? A = Acme / Trapezgewindetrieb / Acmé **B** = Ball / Kugelgewindetrieb / Billes **XX** = Voltage / Spannung / Tension : 12, 24, 36 V

Stroke Hub Course [mm]	Load Last Charge [N]				Weight Masse Poids [kg]	Weight Masse Poids [kg]
? = A ? = B	1100 N 2250 N	2250 N 4500 N	2250 N 4500 N	6800 N	A	B
100	DAxx-05?65M10	DAxx-10?65M10	DAxx-20?65M10	DAxx-21B65M10	4,7	5,5
150	DAxx-05?65M15	DAxx-10?65M15	DAxx-20?65M15	DAxx-21B65M15	4,9	5,7
200	DAxx-05?65M20	DAxx-10?65M20	DAxx-20?65M20	DAxx-21B65M20	5,1	5,9
300	DAxx-05?65M30	DAxx-10?65M30	DAxx-20?65M30	DAxx-21B65M30	5,5	6,3

Exemple de désignation :

DA12-05B65M20

Tension d'alimentation du vérin : ici 12v

Type de vis d'entrainement : ici vis à bille

Course du vérin divisée par 10 : ici 200mm

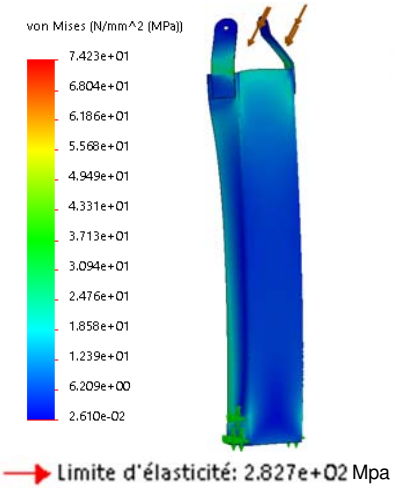
Document technique DTS5 : étude de résistance du bras du pantographe

Pour la réalisation du bras deux formes ont été envisagées :

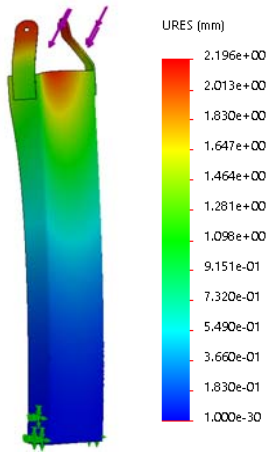
- une forme en U en tôle pleine d'épaisseur 1.5mm
- une forme en U en tôle ajourée d'épaisseur 2mm.

Remarque : pour pouvoir les comparer, chaque pièce doit avoir le même comportement en termes de résistance aux contraintes qui lui sont imposées et aussi en termes de déformation. Pour le bras ajouré, l'épaisseur a donc forcément été augmentée par rapport au bras en tôle pleine pour compenser les enlèvements de matière. Une étude de résistance des deux formes est présentée ci-dessous :

Bras en tôle pleine :



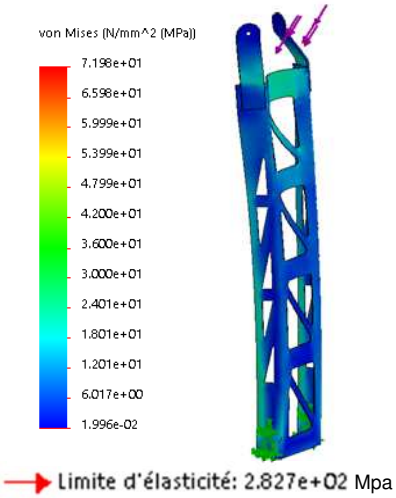
Contraintes



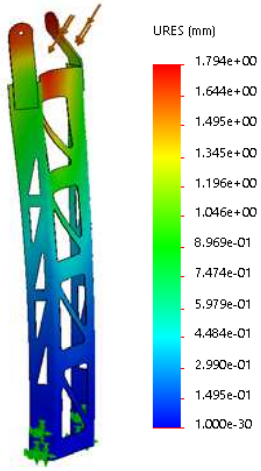
Déplacements

Masse du bras : 23 kg

Bras en tôle ajourée :



Contraintes



Déplacements

Masse du bras : 19 kg

Document réponses DRS1

Liaison : **L6/2**

	T	R
$\overrightarrow{X}$		
$\overrightarrow{Y}$		
$\overrightarrow{Z}$		

Nom de la liaison et centre de liaison

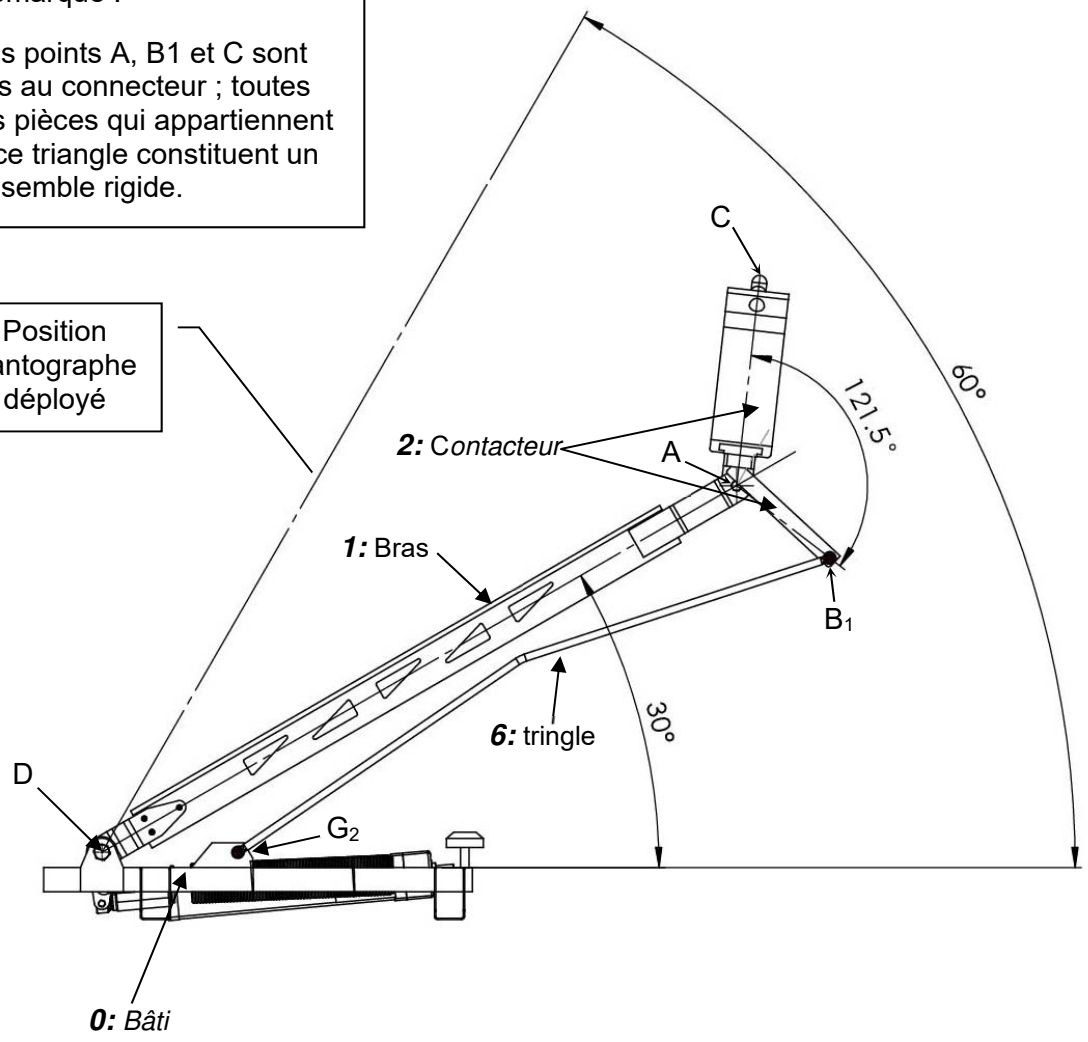
Justification de la représentation de la liaison :

Document réponses DRS2

Remarque :

Les points A, B1 et C sont liés au connecteur ; toutes les pièces qui appartiennent à ce triangle constituent un ensemble rigide.

Position pantographe déployé



Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

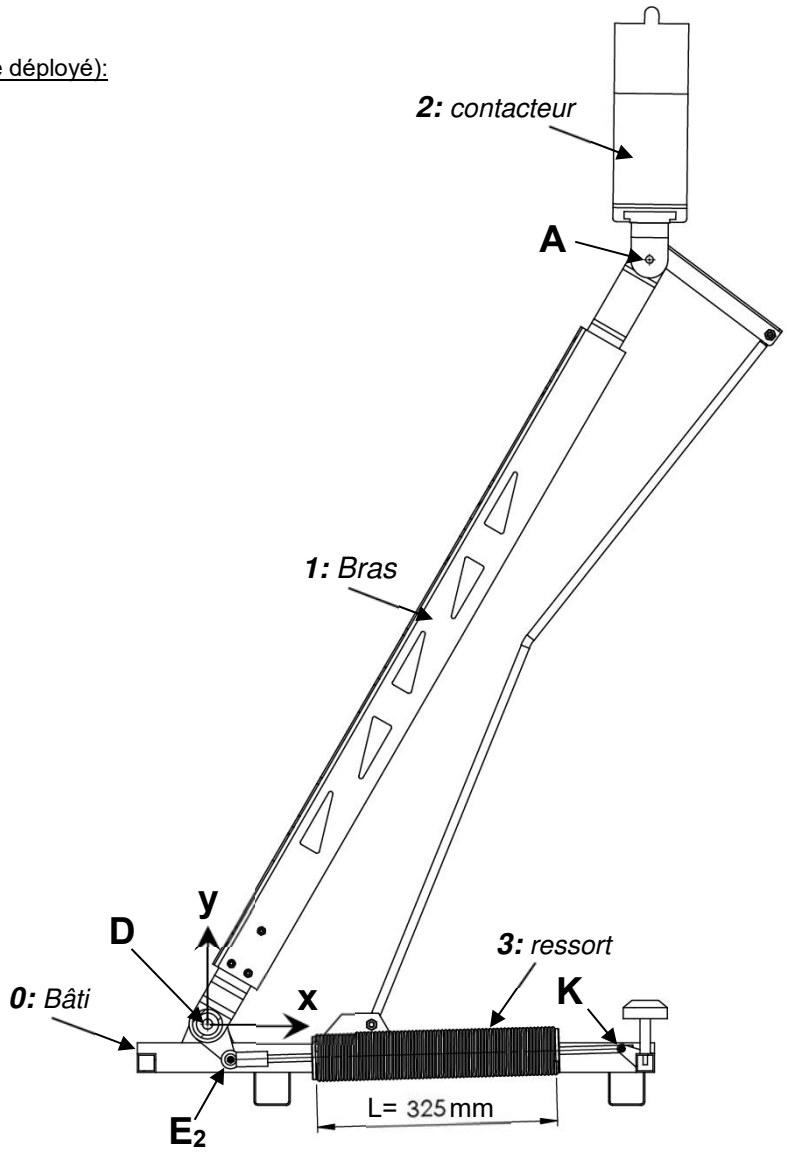
Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2

Document réponses DRS3

Résultats de l'étude statique informatisée (pantographe déployé):



Caractéristiques du ressort :

- Raideur : k = 27 N/mm
- Longueur libre : L_0 = 267mm

Action	$F_{3\to1}$: résultante de l'effort des deux ressorts sur le bras en E_2	$F_{0\to1}$: résultante de l'effort du bâti sur le bras (liaison pivot) en D	$F_{2\to1}$: résultante de l'effort du contacteur sur le bras en A
X		- 3130 N	0
Y		169 N	-256 N
Z		0 N	0
Intensité de l'effort	……..	3134 N	256 N

Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2

Document réponses DRS4

Limite d'élasticité du matériau	……..

	Bras en tôle pleine	Bras en tôle ajourée
Contrainte maxi	……..	……..
Déformation maxi	……..	……..
Masse	……..	……..
Coefficient de sécurité	……..	……..

Comparaison des comportements :

Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

Ce document a été élaboré par FormaV© avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV©, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV© se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.