

DM	DM1b	TSI 1 Période 1
	Ecoconception – Schéma cinématique	1h
	Cycle 1 : Communication Technique	4 semaines

Analyser

Modéliser

Résoudre

Expérimenter

Réaliser

Concevoir

Communiquer

ANALYSER

Définir les domaines d'application et les critères technico-économiques et environnementaux.

Évaluer l'impact environnemental et sociétal.

Identifier la nature des flux échangés entre les différents constituants.

MODELISER

Proposer un modèle cinématique à partir d'un système réel ou d'une maquette numérique volumique.

Modéliser la cinématique d'un ensemble de solides.

CONCEVOIR

Écoconcevoir une pièce en optimisant le triptyque produit-procédés-matériaux.

Etude d'un réseau de Trolleybus à Limoges



1 Mise en situation

En France, le transport représente environ un tiers de la consommation totale d'énergie. Il est basé à 98% sur la combustion de carburants fossiles, majoritairement dérivés du pétrole. Cette consommation génère différentes nuisances :

- Épuisement des ressources fossiles,
- Augmentation de l'effet de serre,
- Émission de divers polluants nocifs pour l'environnement et pour l'homme,
- Nuisances sonores.

La plupart des grandes villes mettent alors en place un réseau de transports en commun pour réduire le trafic automobile et pour garantir la mobilité des personnes n'ayant pas accès aux moyens de transport individuels.

Ces réseaux sont le plus souvent basés sur l'utilisation d'autobus à moteur diesel qui génèrent également des nuisances environnementales.

Certaines villes ont fait le choix de véhicules de transport en commun alimentés par l'énergie électrique, le plus courant étant le tramway.

L'agglomération de Limoges, quant à elle, est équipée depuis de nombreuses années de trolleybus. Il s'agit de véhicules équipés de pneumatiques, roulant sur les mêmes chaussées que les autobus, mais alimentés électriquement par des lignes aériennes.

2 Etude du pantographe qui alimente le trolleybus

La caténaire forme la partie aller du circuit électrique depuis la sous-station d'alimentation, tandis que les rails sont le circuit retour (Figure 2).

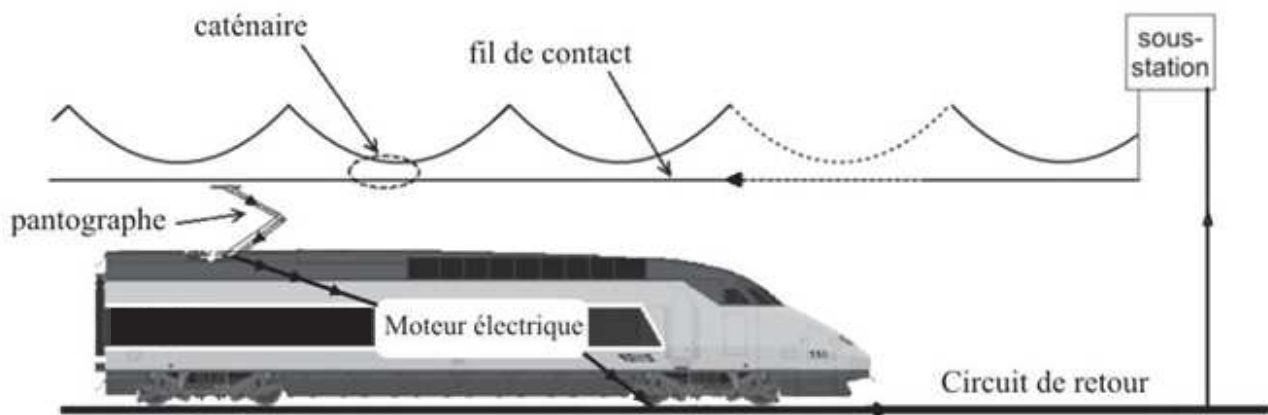


Figure 2 : Pantographe permettant l'alimentation permanente du train par la caténaire

Le pantographe est un assemblage de tubes articulés représenté figure 2 qui adapte son déploiement afin de conserver un contact ponctuel (normale \vec{z}) permanent en G entre l'archet 5 et le fil de contact O.

La mise en mouvement du pantographe est assurée par un coussin pneumatique qui motorise la liaison pivot d'axe(A, \vec{y}) entre le bras inférieur 1 et le bâti 0.

Le bras supérieur 2 est intermédiaire entre l'archet 5 et le bras inférieur 3 avec lesquels il est en liaison pivot selon \vec{y} respectivement en H et en D.

La bielle inférieure 3 transmet le mouvement au bras supérieur par l'intermédiaire de 2 liaisons sphériques (avec 0 en B et avec 2 en C).

La bielle supérieure 4 permet de maintenir l'archet 5 dans le plan horizontal. 4 est ainsi articulé sur 2 liaisons sphériques (avec 1 en E et avec 5 en F).

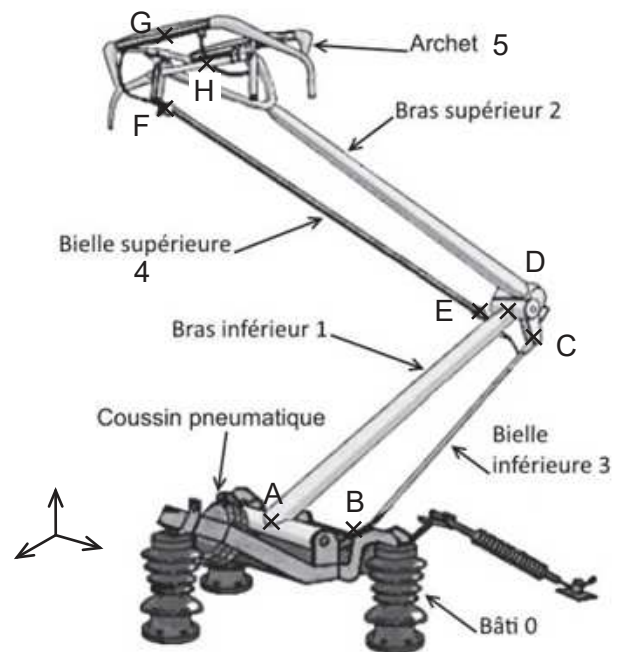


Figure 1 : Perspective du pantographe.

Q.1. Sur le document réponse DR1, compléter le graphe de liaisons en indiquant les directions caractéristiques des liaisons.

Q.2. Sur le document réponse DR1, tracer le schéma cinématique du pantographe.

3 Impacts environnementaux de plusieurs modes de transport

Dans cette partie, nous allons comparer les impacts environnementaux liés à l'utilisation du trolleybus, de l'autobus et de la voiture particulière.

Les trolleybus et autobus exploités par la STCL sont développés par la société IRISBUS et ont comme noms commerciaux respectivement CRISTALIS et CITELIS. Le véhicule particulier utilisé pour l'étude comparative sera une voiture RENAULT CLIO 1.5dCi.

Le tableau suivant permet de comparer les émissions de gaz à effet de serre produits par l'utilisation des différents véhicules. Les résultats proviennent de la méthode Bilan Carbone® développée par l'ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie).




	① 	② 	③ 
Type véhicule	Trolleybus	Autobus	Voiture particulière
Nom commercial	CRISTALIS	CITELIS	CLIO
Energie d'alimentation	Electricité	Gazole	Gazole
Consommation moyenne	$E_1 = 2,7 \text{ kWh pour } 1 \text{ km}$ $= 9,72 \text{ MJ.km}^{-1}$	$E_{L2} = 42 \text{ L pour } 100 \text{ km}$	$E_{L3} = 4 \text{ L pour } 100 \text{ km}$
Emission de gaz à effet de serre	$GES_1 =$ $92 \text{ g Eq CO}_2 \text{ km}^{-1}$	$GES_2 =$ $1409 \text{ g Eq CO}_2 \text{ km}^{-1}$	$GES_2 =$ $127 \text{ g Eq CO}_2 \text{ km}^{-1}$
	$\text{g Eq CO}_2 = \text{gramme équivalent CO}_2$		
Nombre de personnes transportées	$n_{1\text{max}} = 96 \text{ maxi}$	$n_{2\text{max}} = 105 \text{ maxi}$	$n_{3\text{max}} = 5 \text{ maxi}$

Tableau 1. Caractéristiques des véhicules

Q.3. Sur le document DR2, exprimer l'émission de gaz à effet de serre par passager et par kilomètre $GES_{u,i}$ pour chacun des véhicules i (i variant de 1 à 3) lorsqu'il est à son remplissage maximal. Classer alors les véhicules en fonction de leurs performances en termes d'émission de gaz à effet de serre.

Le remplissage moyen constaté pour les trajets en véhicule particulier est $n_{\text{ref}} = 1,3$ passager par véhicule.

Q.4. Calculer l'émission de référence GES_{ref} pour le véhicule automobile avec un remplissage moyen. En déduire à partir de combien de passagers minimum (notés $n_{1\text{min}}$ et $n_{2\text{min}}$) les autres modes de transport sont plus performants concernant l'émission de gaz à effet de serre.

Nous allons maintenant évaluer les quantités d'énergies primaires nécessaires à l'utilisation du trolleybus. Il faut intégrer pour cela les rendements de l'acheminement et de la distribution d'électricité visibles sur le document réponse DR3. La largeur des flèches sur le diagramme de flux est proportionnelle à la quantité d'énergie qui transite.

Q.5. A partir des rendements de l'alimentation et du transport d'électricité, déterminer et inscrire près des flèches de flux du document réponse DR3, l'énergie électrique nécessaire (en MJ.km^{-1}) en sortie et en entrée du réseau de transport d'électricité (acheminement et distribution).

Nous aurons ensuite besoin de la répartition des sources d'énergie utilisées pour la production d'électricité en France, représentée sur le graphique suivant.

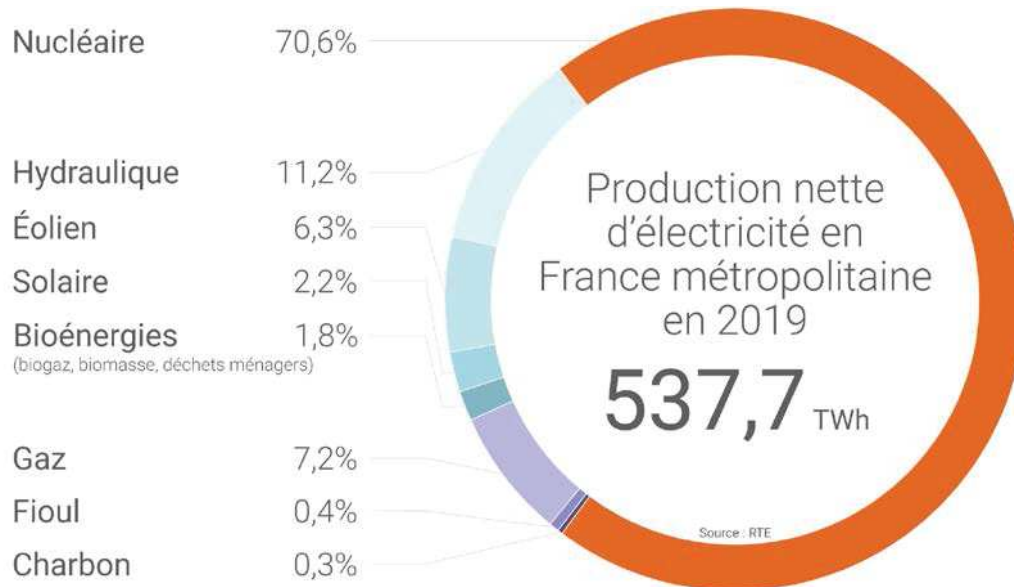


Figure 3. Bouquet énergétique français de la production d'électricité en 2019 (source RTE)

Q.6. Classer les différents modes de production d'électricité de la Figure 1 en trois groupes : énergies renouvelables, énergies fossiles (combustibles stockés depuis des siècles dans des réserves naturelles sous forme solide ou liquide) ou énergie fissile (fission nucléaire). Répondre sur le DR2. Déterminer la part d'électricité (en %) de chacun des trois groupes d'énergies (renouvelable, fossile et fissile) et en déduire l'énergie consommée correspondante (en MJ.km^{-1}). Reporter ces valeurs sur le diagramme de flux énergétique du document réponse DR3.

Q.7. A partir des rendements énergétiques de chacun des modes de production d'électricité, en déduire les quantités d'énergie primaire nécessaire au fonctionnement du trolleybus (en MJ.km^{-1}). Reporter ces valeurs près de chaque flèche du diagramme de flux sur le document réponse DR3.

Nous nous intéressons à présent à l'utilisation de l'autobus à moteur diesel, nécessitant du gazole comme carburant nécessaire à son fonctionnement.

Le diagramme de flux du document DR3 permet de remonter à l'énergie primaire nécessaire.

On donne le pouvoir calorifique du gazole : $C = 38\,080 \text{ kJ.L}^{-1}$.

Q.8. Sur DR2 et à partir du pouvoir calorifique C du gazole, convertir la consommation EL2 de l'autobus en énergie par kilomètre MJ.km^{-1} noté E_2 .

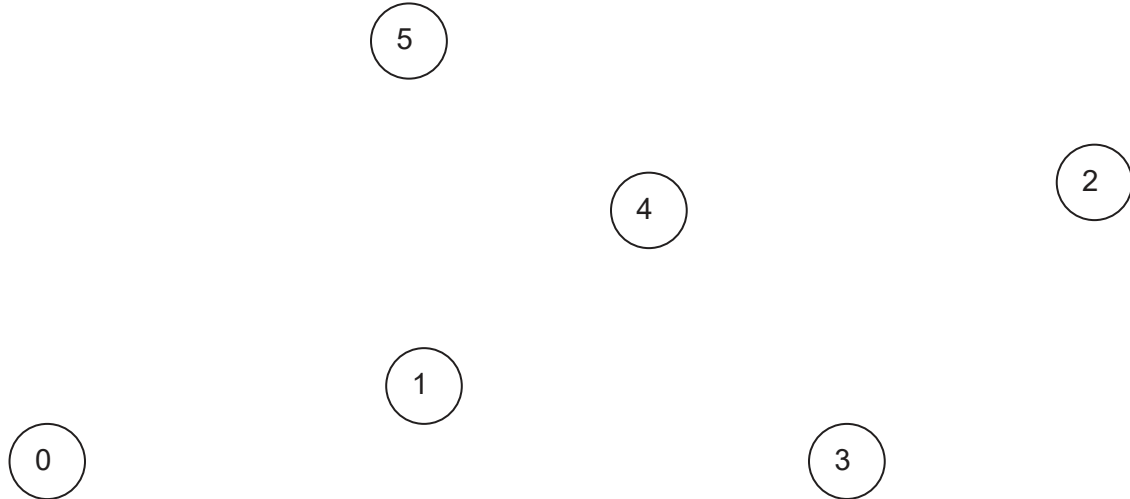
Reporter cette valeur sur le diagramme de flux du DR3. A l'aide du rendement du processus de raffinage, en déduire sur le diagramme la quantité d'énergie primaire nécessaire.

Q.9. Au regard de plusieurs critères environnementaux (production de gaz à effet de serre, consommation de ressources non renouvelables, etc.) conclure sur la pertinence du trolleybus par rapport au bus à moteur diesel (à faire sur DR2).

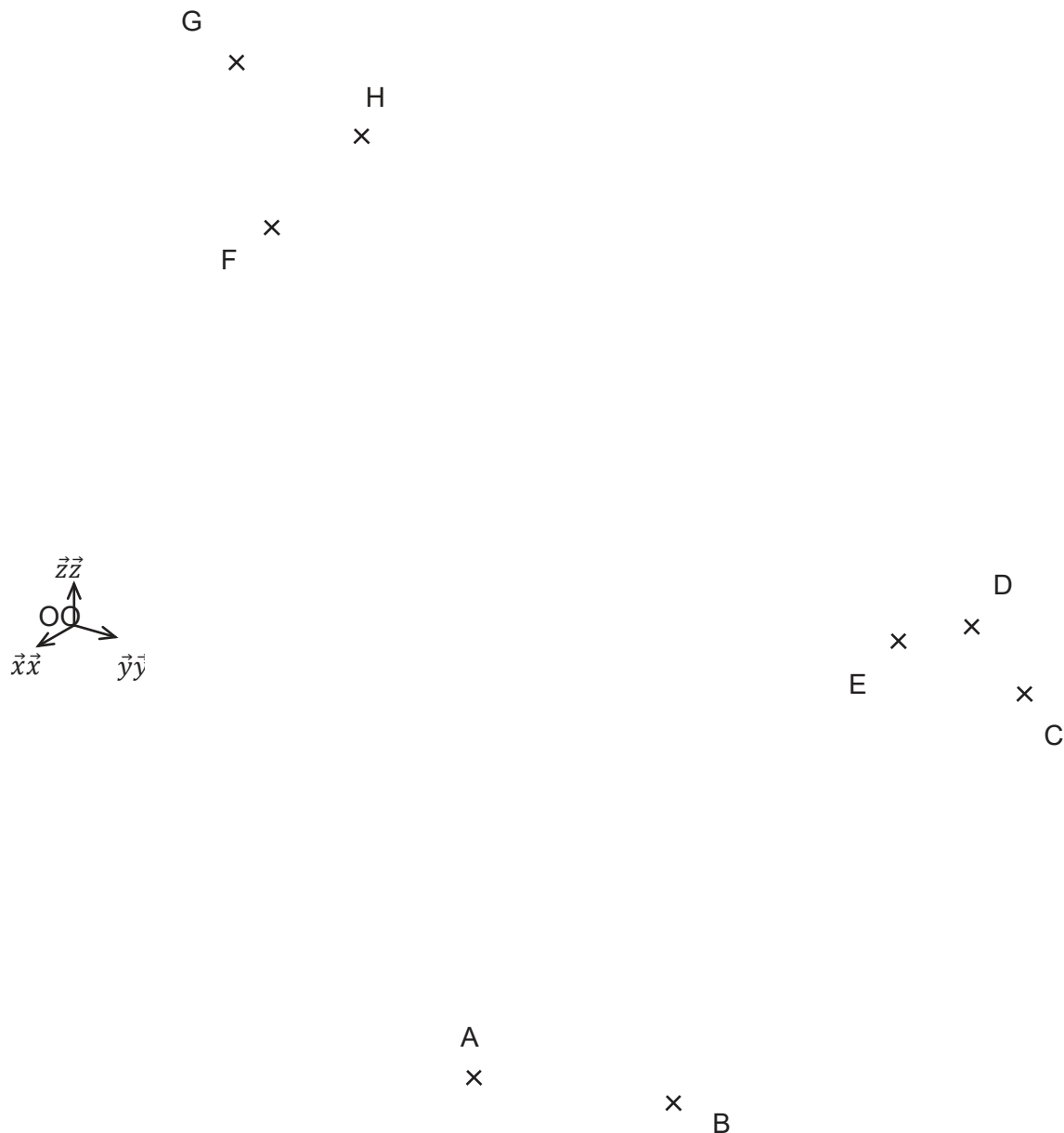
Référence : Production de David Prévost pour l'UPSTI : : <https://www.upsti.fr>

Document Réponse DR1

Q.1) Graphe de liaisons du pantographe :



Q.2) Schéma cinématique du pantographe :



Document Réponse DR2

Q.3) Emission de gaz à effet de serre par passager (véhicule remplis)

Véhicule	Formule littérale	Valeur en g eq $CO_2 km^{-1} passager^{-1}$	Classement
TrolleyBus			
Autobus			
Voiture			

Q.4) Emission de CO₂ de référence (voiture avec n_{ref} passager) :**Nombre de passagers minimal pour générer moins de CO₂ qu'une voiture :**

Véhicule	Formule littérale	Nombre de passagers minimal
TrolleyBus		
Autobus		

Q.6) Part d'électricité (en France) :

Energie électrique	Noms des ressources	Par de la ressource dans le mix électrique français
Renouvelable		
Fossile		
Fissile		

Q.8) Consommation de l'autobus :**Q.9) Conclusion**

Avantage du Trolleybus par rapport à l'autobus :

Inconvénient du Trolleybus par rapport à l'autobus:

Document Réponse DR3

Q.5) à Q.8)

