

## Exo 1 : Etude d'un réseau de Trolleybus à Limoges (CORRIGE)

**Q.1.** Déterminer l'émission de gaz à effet de serre par passager pour chacun des véhicules 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.

- CRISTALIS      92 / 96      = 0,96 g Eq CO<sub>2</sub> /km par passager
- CITELIS    1409 / 105    = 13,4 g Eq CO<sub>2</sub> /km par passager
- CLIO            127 / 5            = 25,4 g Eq CO<sub>2</sub> /km par passager

Le Trolleybus est le plus performant suivi de l'autobus puis de la voiture particulière

**Q.2.** Comparativement au remplissage moyen d'un véhicule automobile, déterminer à partir de combien de passagers les autres modes de transport sont plus performants concernant l'émission de gaz à effet de serre.

- GES CLIO pour 1,3 passagers :  $127 / 1,3 = 97$  g Eq CO<sub>2</sub> /km par passager

Remplissage minimum des autres véhicules pour atteindre la même performance:

- CITELIS :  $1409 / 97 = 15$  passagers minimum
- CRISTALIS :  $92 / 97 = 1$  passager minimum

**Q.3.** A partir des rendements de l'alimentation et du transport d'électricité, déterminer et inscrire près des flèches de flux du document réponse DR1, l'énergie électrique nécessaire (en MJ.km<sup>-1</sup>) en sortie et en entrée du réseau de transport d'électricité (acheminement et distribution).

→ VOIR DOCUMENT REPONSE 1

**Q.4.** Classer les différents modes de production d'électricité de la Figure 1 en trois groupes : énergies renouvelables, énergies fossiles ou énergie fissile (fission nucléaire). Répondre sur la copie. 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<sup>-1</sup>). Reporter ces valeurs sur le diagramme de flux énergétique du document réponse DR1.

- En. Renouvelables = Eolien + Hydraulique + Solaire + Bioénergies = 3% + 12% = 21,5%
- Fossile = Gaz + Charbon + Pétrole = 5% + 4% + 1% = 7,9%
- Fissile = Thermique nucléaire = 70,6%

**Q.5.** 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<sup>-1</sup>). Reporter ces valeurs près de chaque flèche du diagramme de flux sur le document réponse DR1.

**Q.6.** A partir du pouvoir calorifique du gazole, convertir la consommation de l'autobus en MJ.km<sup>-1</sup> et la reporter sur le diagramme de flux. A l'aide du rendement du processus de raffinage, en déduire la quantité d'énergie primaire nécessaire et la reporter sur le diagramme.

$$0,42 \text{ l/km} \times 38080 \text{ kJ/l} = 15\,994 \text{ kJ/km} = 16 \text{ MJ/km}$$



**Q.7.** 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.

Le trolleybus est pertinent du point de vue de la production de GES puisqu'il consomme des énergies primaires majoritairement décarbonnées.

Il permet également de ne pas émettre de polluants sur son lieu d'utilisation.

En revanche il n'est pas pertinent sur le plan de la consommation d'énergies non renouvelables, puisqu'il en consomme plus qu'un autobus diesel.

**Q.8.** A partir du graphique précédent, déterminer à partir de quelle vitesse les effets aérodynamiques deviennent supérieurs à la résistance au roulement. En déduire contre quel type d'effort doit lutter principalement le trolleybus dans les conditions normales d'utilisation (circulation en ville).

A partir de 73 km/h, les effets aérodynamiques deviennent prépondérants devant la résistance au roulement.

En usage urbain (vitesse inférieure à 50km/h), le trolleybus devra donc essentiellement lutter contre la résistance au roulement des pneumatiques.

**Q.9.** Sur le diagramme de blocs internes SysML du document réponse DR2, indiquer la nature des énergies (mécanique de rotation, mécanique de translation, électrique ou thermique) sur chaque connexion de flux.

→ VOIR DOCUMENT REPONSE 2

**Q.10.** A partir des données énergétiques du Tableau 2, calculer la puissance mécanique minimale  $P_{\text{dies-50}}$  du moteur thermique pour rouler dans ces conditions, en l'absence de réseau électrique. Conclure sur la pertinence du choix de la puissance du moteur thermique effectivement utilisé.

$$P_{\text{dies}_50} = 24 \text{ kW} / (0,9 \times 0,95 \times 0,90 \times 0,95) = 24 \text{ kW} / 0,73 = 33 \text{ kW}$$

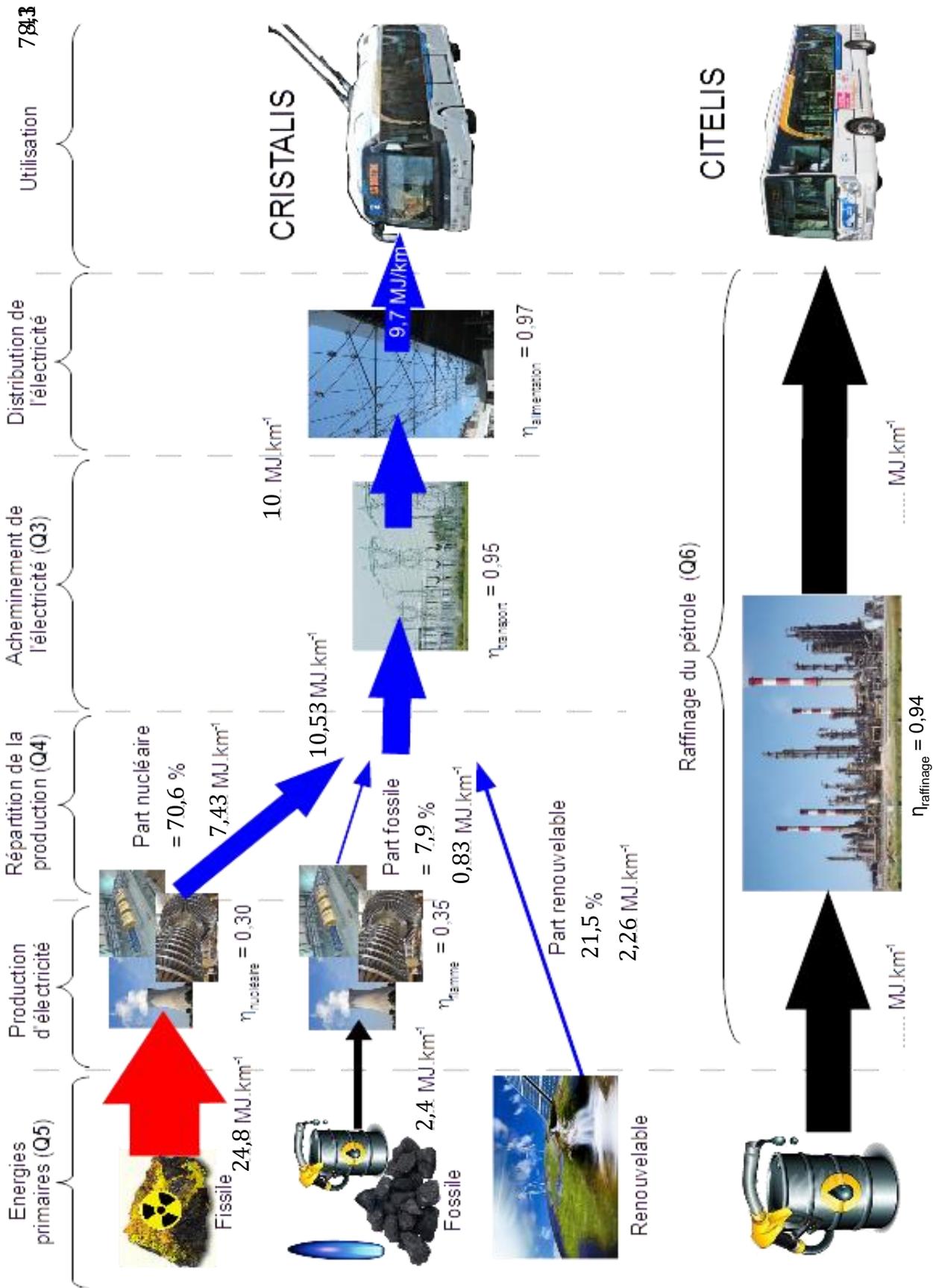
Le moteur installé de 92kW sera suffisant pour déplacer le bus dans ces conditions en mode secours.

**Q.11.** A partir des données cinématiques du **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**, connaissant la fréquence de rotation maximale du moteur électrique, **calculer** la vitesse d'avance maximale du trolleybus  $V_{\text{maxi}}$  en km.h<sup>-1</sup>. **Conclure** sur la pertinence de cette vitesse pour une utilisation urbaine du véhicule.

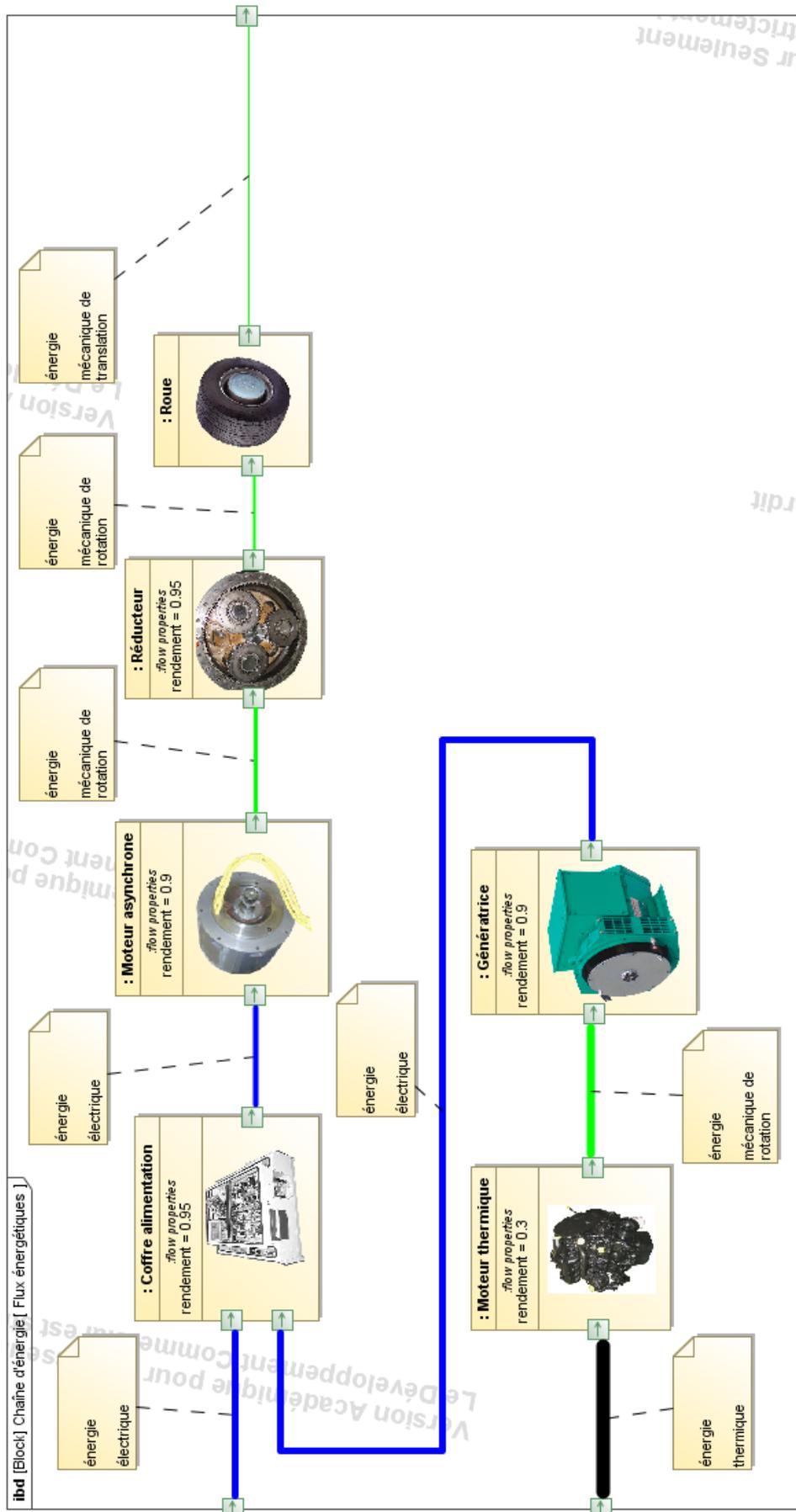
$$V = \pi \cdot D \cdot k \cdot N_{\text{mot\_max}} = \pi \times 0,981 \times 0,05055 \times 8817 \times 60 / 1000 = 82,4 \text{ km/h}$$

Cette vitesse est suffisante pour un véhicule qui ne circulera qu'en ville.

Document Réponse DR1



## Document Réponse DR2



## Exo 2 : Surveillance de la qualité de l'air extérieur (CORRIGE)

**Q.12.** À l'aide du document technique DT1, citer deux exemples d'impacts de la pollution de l'air pour chacune des catégories décrites dans le tableau du document réponses DR1. Expliquer sur le document réponses DR1 en quoi le contrôle de ces polluants constitue un enjeu de développement durable.

Impacts des polluants de l'air extérieur :

Impact(s) sur l'environnement (écologie)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Effets néfastes sur la végétation</li> <li>- Augmentation de l'effet de serre.</li> <li>- Impact sur la couche d'ozone.</li> <li>- Pluies acides.</li> <li>- Salissures des bâtiments.</li> </ul>
Impact(s) économique(s)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Coût &gt; à 48 M€ pour la France.</li> <li>- Coût = 2,3% du PIB.</li> <li>- Pèse sur le budget de l'État.</li> <li>- Pèse sur le budget des ménages.</li> <li>- Impacte la productivité.</li> <li>- Salissures des bâtiments.</li> </ul>
Impact(s) sur la santé (social)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maladies cardio-vasculaires.</li> <li>- Maladies des voies respiratoires.</li> <li>- Maladies des muqueuses oculaires.</li> <li>- Augmentation significative des cancers.</li> <li>- Accidents vasculaires cérébraux.</li> </ul>

Enjeu de développement durable : la pollution de l'air extérieur des pays européens (dont la France) impacte les **activités économiques, écologiques et sociales** (santé), qui sont les **3 piliers d'un développement durable**. Sa maîtrise constitue donc un enjeu essentiel en matière de développement durable.

**Q.13.** Relever les exigences fonctionnelles qui s'imposent aux AASQA dans leur mission de protéger la santé publique.

SURVEILLER les pollutions pour détecter les dépassements des seuils réglementaires par les agents polluants,

PRÉVOIR pour déterminer les tendances d'évolution afin de produire les actions adaptées,

INFORMER pour communiquer les informations 24h/24, 365 jours par an.

ASSISTER à la demande, les entreprises et les collectivités pour les conseiller.

**Q.14.** À l'aide du document technique DT3, déterminer pour chaque polluant l'indice correspondant. Justifier le choix de publier l'indice IQa plutôt que l'indice ATMO. Déterminer l'indice IQa publié ce jour-là.

Indice NO<sub>2</sub> : 1 = très bon car < 29 µg.m<sup>-3</sup>

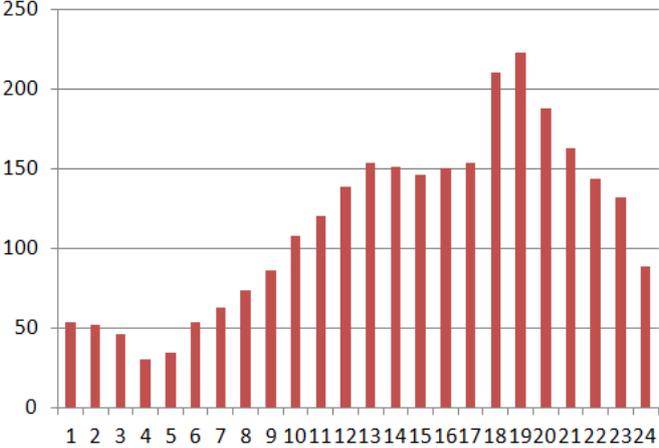
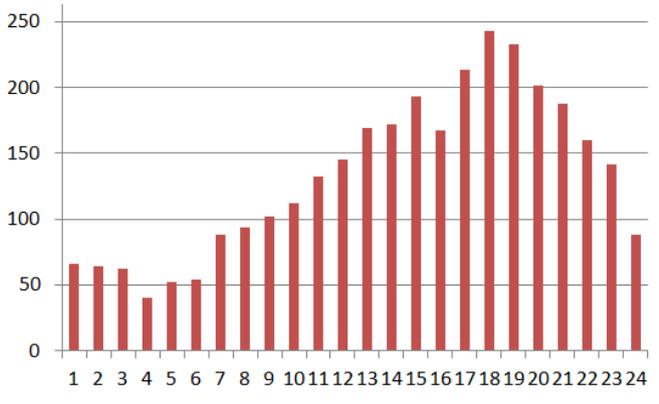
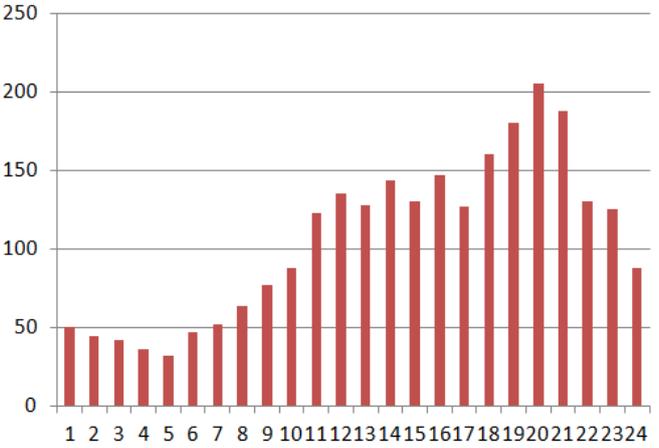
Indice O<sub>3</sub> : 5 = Moyen car 105 < 121,3 < 129 µg.m<sup>-3</sup>

Indice PM<sub>10</sub> : 3 = bon car 19 < 20 < 29 µg.m<sup>-3</sup>

L'agglomération ayant moins de 100000 habitants, la publication de l'indice ATMO n'est pas obligatoire. La commune a ici choisi de publier l'indice IQa et surveille 3 polluants.

Indice IQa publié ce jour est 5 ; il correspond à l'indice le plus élevé des trois polluants.

**Q.15.** À partir des relevés journaliers de la concentration de NO<sub>2</sub>, indiquer les messages publiés ainsi que les heures correspondantes en complétant le document réponse DR2.

Concentration du polluant NO <sub>2</sub> en µg.m <sup>-3</sup> en fonction de l'heure de la journée	Message publié au cours de la journée. <i><b>A compléter</b></i>
<p>3 avril 2017</p> 	<p>Un message a-t-il été déclenché le 3 avril ?</p> <p><input type="checkbox"/> OUI <input checked="" type="checkbox"/> NON</p> <p>Si oui, quel est le type de message déclenché ?</p> <p><input type="checkbox"/> Information/recommandation <input checked="" type="checkbox"/> Alerte</p> <p>A quelle(s) heure(s) ? <b>plage horaire de 18h à 20h</b></p>
<p>4 avril 2017</p> 	<p>Un message a-t-il été déclenché le 4 avril ?</p> <p><input type="checkbox"/> OUI <input checked="" type="checkbox"/> NON</p> <p>Si oui, quel est le type de message déclenché ?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Information/recommandation <input type="checkbox"/> Alerte</p> <p>A quelle(s) heure(s) ? <b>plage horaire de 17h à 21h</b></p>
<p>5 avril 2017</p> 	<p>Un message a-t-il été déclenché le 5 avril ?</p> <p><input type="checkbox"/> OUI <input checked="" type="checkbox"/> NON</p> <p>Si oui, quel est le type de message déclenché ?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Information/recommandation <input type="checkbox"/> Alerte</p> <p>A quelle(s) heure(s) ? <b>plage horaire de 17h à 21h</b></p>

**Q.16.** Indiquer quelles exigences devraient encore être étudiées pour affirmer que la mission « protéger la santé publique » est totalement assurée par les AASQA.

Les missions ASSISTER et PREVOIR restent à être étudiées afin de valider la mission Protéger la santé publique.

**Q.17.** Indiquer le type de sollicitation mécanique (traction, compression ou flexion simple) auquel sont soumis les montants verticaux du garde-corps.

Les montants verticaux du garde-corps sont sollicités en flexion.

**Q.18.** À partir du document technique DT5, indiquer sur votre copie les valeurs de la limite élastique  $R_e$  et de la contrainte maximale  $\sigma_{maxi}$ . Vérifier si la condition de résistance est satisfaite. Sur le document réponses DR3, entourer la réponse correcte dans la ligne condition de résistance mécanique.

Sur la capture écran de la simulation : Limite d'élasticité  $R_e = 150 \text{ N.mm}^{-2} = 150 \text{ MPa}$ .

Or :  $\sigma_{maxi} = 67,45 \text{ Mpa}$

Donc :  $R_e/s = 150 / 2 = 75 \text{ MPa} > 67,45 \text{ MPa}$ .

Par conséquent la condition de résistance est respectée.

**Q.19.** Déterminer la masse, la consommation d'énergie primaire et l'empreinte CO<sub>2</sub> du garde-corps en alliage d'aluminium (sur DR3). Sur feuille de copie, comparer les impacts environnementaux des trois solutions.

<b>Solution constructive</b>	<b>Acier</b>	<b>Alliage d'aluminium</b>	<b>Composite (fibre verre polyester)</b>
<b>Critère</b>			
Condition de résistance mécanique : $\sigma_{maxi} < R_e/s$	Respectée <del>Non respectée</del>	<b>Respectée</b> <del>Non respectée</del>	Respectée <del>Non respectée</del>
Masse volumique (kg.m <sup>-3</sup> )	7800	2700	2000
Volume garde-corps (m <sup>3</sup> )	4,87.10 <sup>-3</sup>	5,69.10 <sup>-3</sup>	6,28.10 <sup>-3</sup>
Masse garde-corps (kg)	38	<b>15,4</b>	12,6
<b>Impact environnemental</b>			
Energie absorbée production primaire par unité de masse (MJ.kg <sup>-1</sup> )	27	200	160
Energie absorbée production primaire (MJ) du garde-corps	1026	<b>3080</b>	2016
Empreinte CO <sub>2</sub> production primaire par unité de masse	1,9	13	10
Empreinte CO <sub>2</sub> production primaire (kg) du garde-corps	72,2	<b>200,2</b>	126

La solution aluminium a l'impact environnemental le plus élevé.

La solution la moins impactante sur l'environnement est la solution acier, qu'il s'agisse de l'empreinte CO<sub>2</sub> (environ 1/3 de la solution aluminium) ou de l'énergie intrinsèque de production primaire (1/3 de la solution aluminium).

La solution composite a un impact environnemental se situant entre les deux autres solutions.

**Q.20.** Choisir la solution constructive permettant de protéger les intervenants sur le toit de la station tout en respectant les exigences du cahier des charges. Justifier la réponse.

D'après le cahier des charges et les données du tableau :

Les trois solutions constructives respectent la condition de résistance.

La solution la moins impactante sur l'environnement est la solution acier mais elle ne respecte pas l'exigence de masse minimale.

La solution aluminium respecte l'exigence de masse mais a un impact environnemental plus important que la solution composite.

Donc le choix de la solution composite s'impose afin de satisfaire toutes les exigences du cahier des charges.