

BACCALAURÉAT PROFESSIONNEL

CONSTRUCTION DES CARROSSERIES

Session : 2023

E.1- ÉPREUVE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE

Sous-épreuve E11

UNITE CERTIFICATIVE U11

Analyse d'un système technique

Durée : 3 h

Coef. : 2

DOSSIER CORRIGÉ

Ce dossier CORRIGÉ comprend 24 pages numérotées de DC 1/24 à DC 24/24

BACCALAURÉAT PROFESSIONNEL Construction des carrosseries	Code : C2306 CCR ST 11 1	Session 2023	DOSSIER CORRIGÉ
E1 - ÉPREUVE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE	Durée : 3 h	Coefficient : 2	Page DC 1 / 24

1 – Mise en situation :

Vous travaillez chez un carrossier constructeur dans un atelier équipant des poids lourds pour les travaux publics et la manutention.

2 – Problématique :

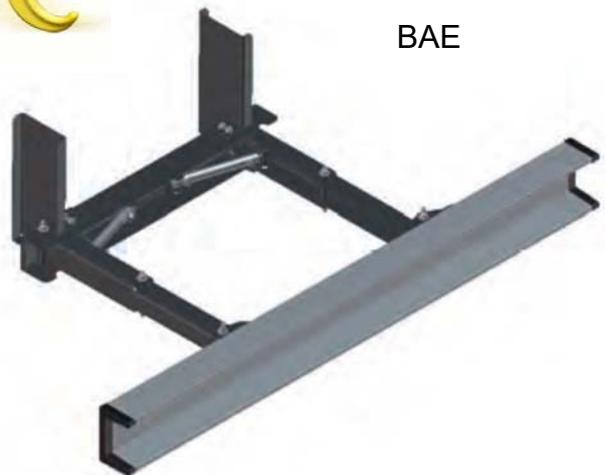
On vous demande d'assurer la mise en place d'une barre anti-encastrement (BAE) sur un véhicule venant d'être équipé d'un bras hydraulique (Ampliroll) et d'une benne amovible. Le véhicule est un châssis porteur DAF CF410 FAT MX11.

- Vous déterminerez la charge utile, la position du centre de gravité du véhicule à vide et les poids sur l'avant et l'arrière pour une charge maximale.
- Vous étudierez l'installation de cette BAE en respectant les normes de sécurité.
- Vous validerez les demandes du cahier des charges.

Ampliroll



BAE



3 – Questionnaire :

Partie 1 : Étude statique

Cette étude a pour but la vérification de la répartition du poids au niveau des essieux lorsque le véhicule est chargé.

Détermination de la charge utile CU du véhicule, **exprimer** les masses en tonnes **T** :

1.1 – En vous aidant du dossier technique, **relever** le PTAC de ce véhicule.

$$\text{PTAC} = \underline{\quad 26 \quad} \text{ T}$$

1.2 – D'après le dossier technique, **relever** la masse du châssis de ce véhicule :

$$\text{P Châssis} = \underline{\quad 8,67 \quad} \text{ T}$$

1.3 – **Calculer** la masse totale des équipements de ce véhicule à l'aide du dossier technique.

$$\text{P équipements} = \underline{\quad 2,35 + 2,32 + 0,097 + 0,5 \quad} = \underline{\quad 5,267 \quad} \text{ T}$$

1.4 – **Calculer** le poids à vide PV du véhicule. Il correspond au masse du châssis + la masse de tous les équipements ajoutés par le carrossier constructeur.

$$\text{PV} = \text{P Châssis} + \text{P équipements}$$

$$\text{PV} = \underline{\quad 8,67 + 5,267 \quad}$$

$$\text{PV} = \underline{\quad 13,937 \quad} \text{ T}$$

1.5 – **Calculer** la charge utile CU du véhicule.

$$\text{CU} = \underline{\quad 26 - 13,937 \quad}$$

$$\text{CU} = \underline{\quad 12,063 \quad} \text{ T}$$

1.6 – Cette CU satisfait-elle le cahier des charges ? **Justifier** votre réponse.

Oui car elle est supérieure à 10 tonnes

Détermination de la position du centre de gravité du véhicule à vide :

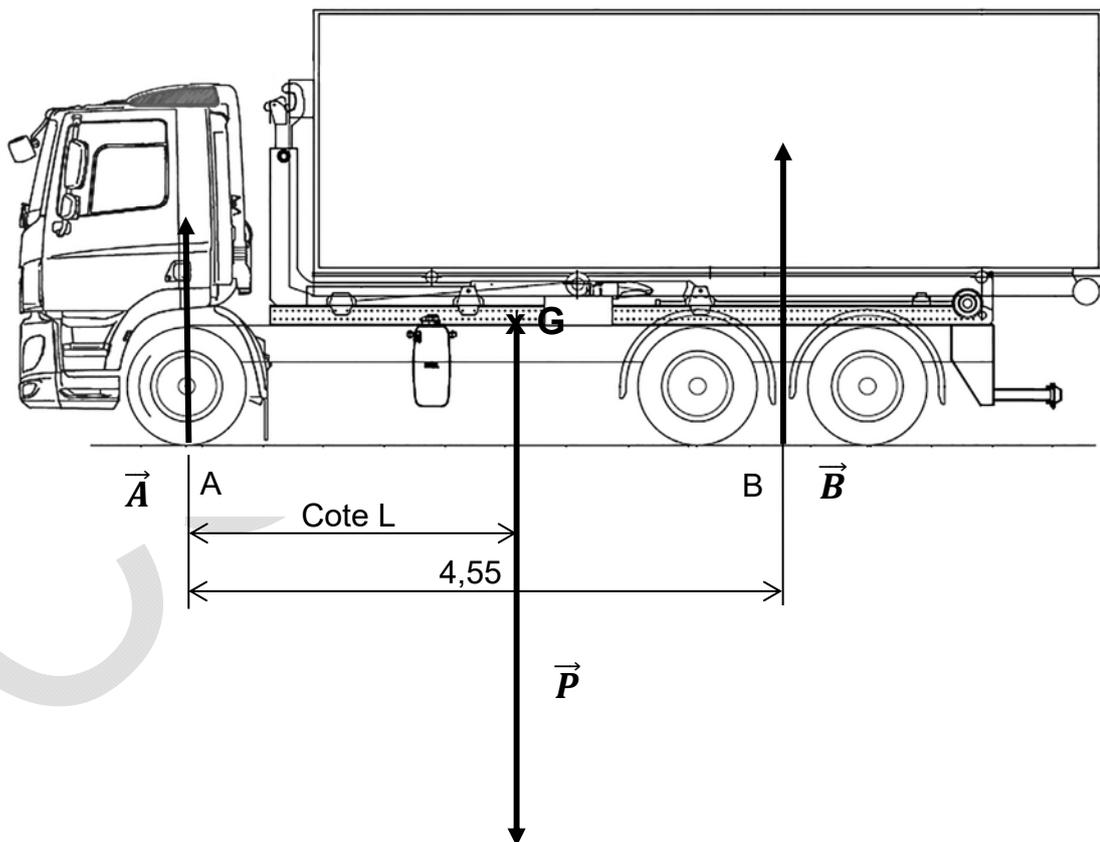
Pour cette question, prendre $PV = 14 T$, ainsi pour la suite du questionnaire le poids à vide du véhicule exprimé en Newton est défini par : $\|\vec{P}\| = 140\,000 N$

Données : Après une pesée du véhicule, on obtient :

- poids sur l'avant (au point A) 60 000 N
- poids sur l'arrière (au point B) 80 000 N

1.7 – Modéliser les actions mécaniques sur le système matériel isolé {camion + équipements} sur la figure ci-dessous. **Utiliser** l'échelle des forces : **1 cm pour 20 000 N**.

- le poids au point G : \vec{P}
- la réaction du sol sur l'avant au point A : \vec{A}
- la réaction du sol sur l'arrière au point B : \vec{B}



1.8 – Réaliser le bilan des actions mécaniques extérieures.

Actions mécaniques	Point d'application	Droite d'action	Sens	Intensité en N
\vec{P}	G	verticale	↓	140 000
\vec{A}	A	verticale	↑	60 000
\vec{B}	B	verticale	↑	80 000

1.9 – Donner les conditions d'équilibre issues du Principe Fondamental de la Statique du camion sachant qu'il est soumis à trois forces parallèles.

1. La somme des vecteurs force est égale à zéro.

$$\sum \overrightarrow{F_{ext.}} = 0$$

2. La somme des moments des forces en un point est égale à zéro.

$$M_{pt} \overrightarrow{F_{ext.}} = 0$$

1.10 – Donner l'expression du moment au point A du poids \vec{P} en utilisant « Cote L » comme longueur.

$$M_A \vec{P} = \underline{\quad - \text{« cote L »} \times 140\,000 \quad}$$

1.11 – Calculer le moment au point A de la réaction du sol sur l'arrière \vec{B} .

$$M_A \vec{B} = \underline{\quad 4,55 \times 80\,000 \quad} = \underline{\quad 364\,000 \quad} \text{ N.m}$$

1.12 – Calculer la Cote L en faisant la somme (\sum) des moments des forces ext. au point A.

$$\sum M_A \overrightarrow{F_{ext.}} = M_A \vec{A} + M_A \vec{P} + M_A \vec{B} = \vec{0} \quad \underline{\quad 0 - \text{« cote L »} \times 140\,000 + 364\,000 = 0 \quad}$$

$$\underline{\quad \text{« cote L »} = 364\,000 / 140\,000 \quad}$$

$$\text{Cote L} = \underline{\quad 2,6 \quad} \text{ m}$$

Détermination des charges sur les roues avant et arrière lorsque le véhicule est chargé à son maximum de capacité (PTAC = 26 T).

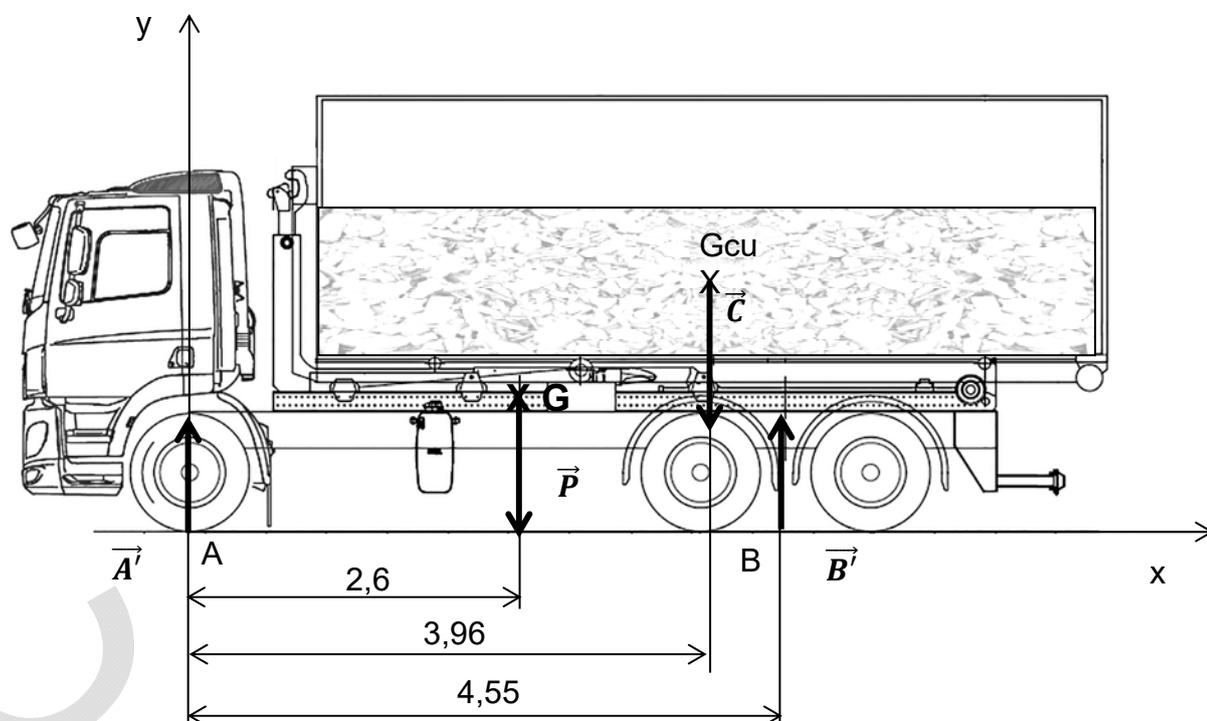
La valeur de ces charges est importante car elle ne doit pas dépasser un certain seuil défini par le fabricant du véhicule.

Dans votre atelier vous ne pouvez pas remplir la benne pour exécuter une pesée. Les calculs étant plus complexes, vous allez utiliser un logiciel de statique pour déterminer ces charges.

Données :

- Le poids à vide du véhicule est $\|\vec{P}\| = 140\,000\text{ N}$
- La charge utile (uniformément répartie) est $\|\vec{C}\| = 120\,000\text{ N}$
- la réaction du sol sur l'avant au point A : \vec{A}'
- la réaction du sol sur l'arrière au point B : \vec{B}'

On isole le camion chargé.

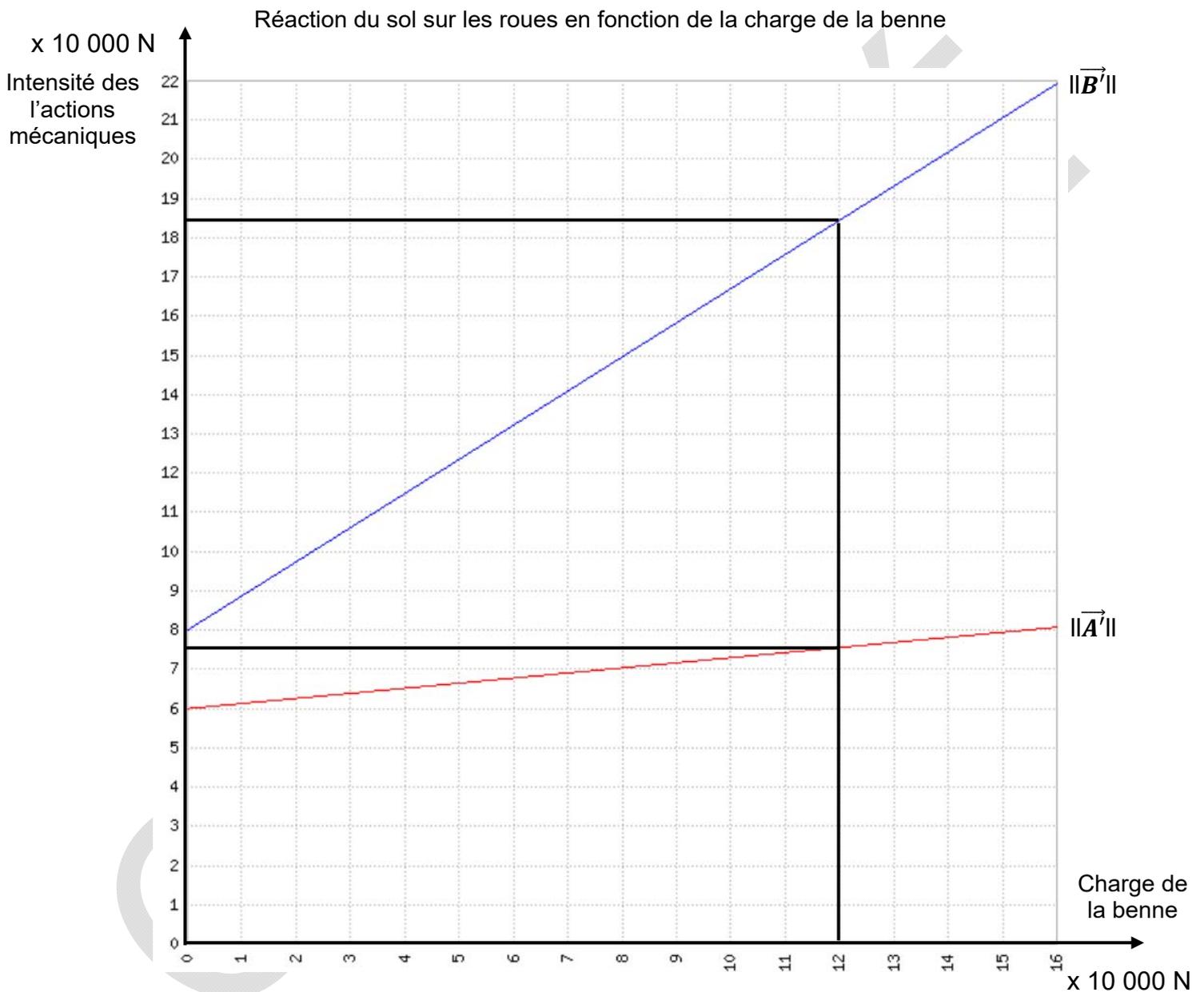


1.13 – Renseigner les différents champs de la copie écran du logiciel de statique, **mettre** un « ? » si l'information n'est pas connue. Le poids à vide est donné en exemple.

Action mécanique : \vec{P}		Projection sur x de la force : ...0.....				Action mécanique : \vec{A}'		Projection sur x de la force :0.....			
		Projection sur y de la force : ...140 000.....						Projection sur y de la force : ?.....			
Point d'application : ...G...	Coordonnées du point d'application dans le repère (Axy)					Point d'application : ...A...	Coordonnées du point d'application dans le repère (Axy)				
	X	...2,6....	Y	... ?.... m			X	...0.... m	Y	...0.... m	

Action mécanique : \vec{C}		Projection sur x de la force : ...0.....				Action mécanique : \vec{B}'		Projection sur x de la force :0.....			
		Projection sur y de la force : 120 000						Projection sur y de la force : ?.....			
Point d'application : Gcu...	Coordonnées du point d'application dans le repère (Axy)					Point d'application : ...B...	Coordonnées du point d'application dans le repère (Axy)				
	X	3,96 m	Y	... ?.... m			X	4,55. m	Y	...0.... m	

1.14 – Les résultats de l'analyse vous sont donnés sous forme d'un graphique montrant l'évolution des charges \vec{A}' et \vec{B}' en fonction de la charge de la benne (Variation de \vec{C}). **Relever** les valeurs des intensités des actions mécaniques \vec{A}' et \vec{B}' pour une charge maximum égale à la charge utile.



$\|\vec{A}'\| = \underline{\quad 75\,000 \quad} \text{ N}$

$\|\vec{B}'\| = \underline{\quad 185\,000 \quad} \text{ N}$

1.15 – Relever sur le document constructeur les valeurs en kg du « poids mini et maxi » au sol du camion en tenant compte de l'indice des pneumatiques (voir DT pages 2 / 10 et 3 / 10).

	mini	MAXI
Avant	4000	8000
Arrière	3600	21000

1.16 – Convertir ces valeurs en Newton.

Rappel de la formule $P = m \times g$ prendre $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$

	mini	MAXI
Avant	40000	80000
Arrière	36000	210000

1.17 – Vérifier la compatibilité des charges \vec{A}' et \vec{B}' en les comparant aux valeurs données par le constructeur.

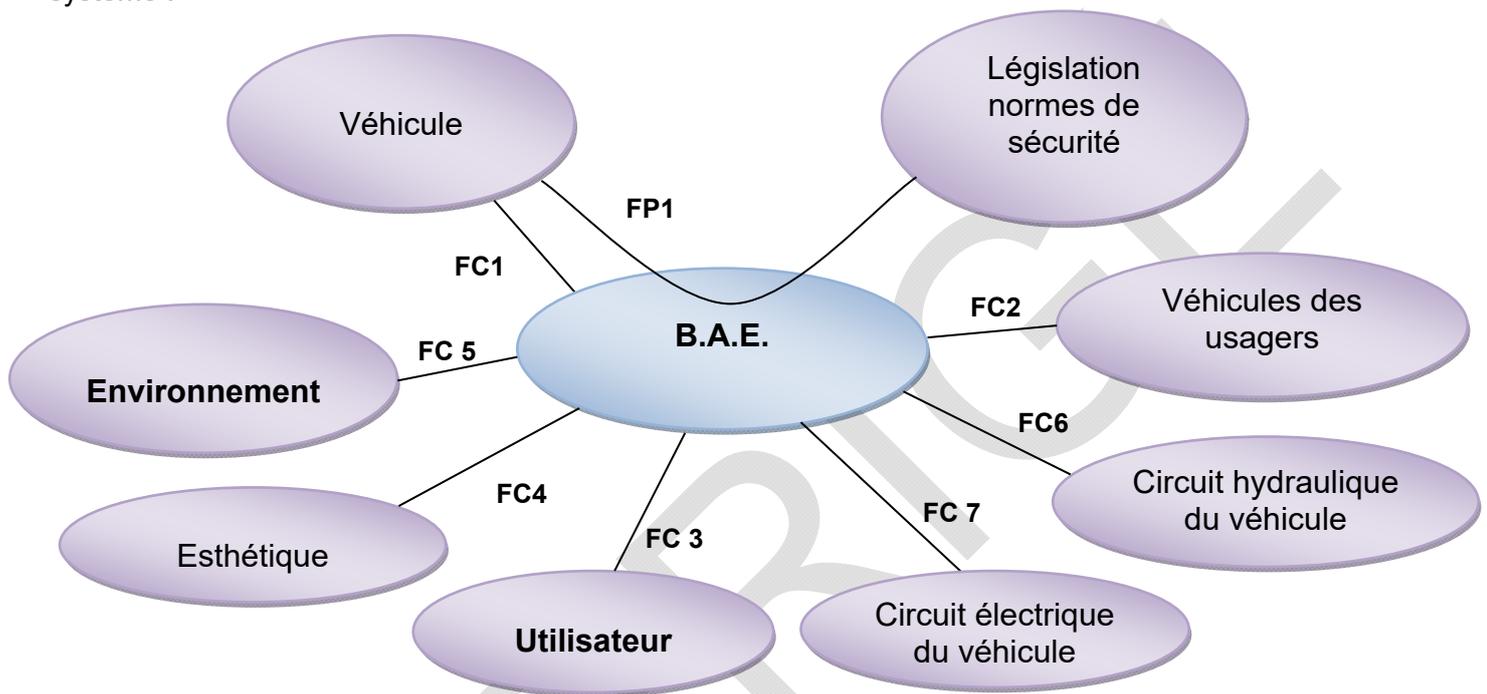
$$A_v \quad 40\,000 \leq 75\,000 \leq 80\,000$$

$$A_r \quad 36\,000 \leq 185\,000 \leq 210\,000$$

Partie 2 : Étude technologique de la barre anti-encastrement

Avant d'installer cette BAE, il est important de connaître le produit et de comprendre son fonctionnement.

2.1 – Compléter le diagramme des inter-acteurs (diagramme pieuvre) et le tableau des fonctions du système :



Fonctions principales :

FP1 : Permettre au véhicule d'être en conformité.

Fonctions contraintes :

FC 1 : S'adapter au châssis du véhicule.

FC 2 : Assurer la sécurité des usagers en cas de collision avec le véhicule.

FC 3 : Être commandée à distance par l'utilisateur.

FC 4 : Être esthétique.

FC 5 : Résister à l'environnement.

FC 6 : Être connectée au circuit hydraulique du véhicule.

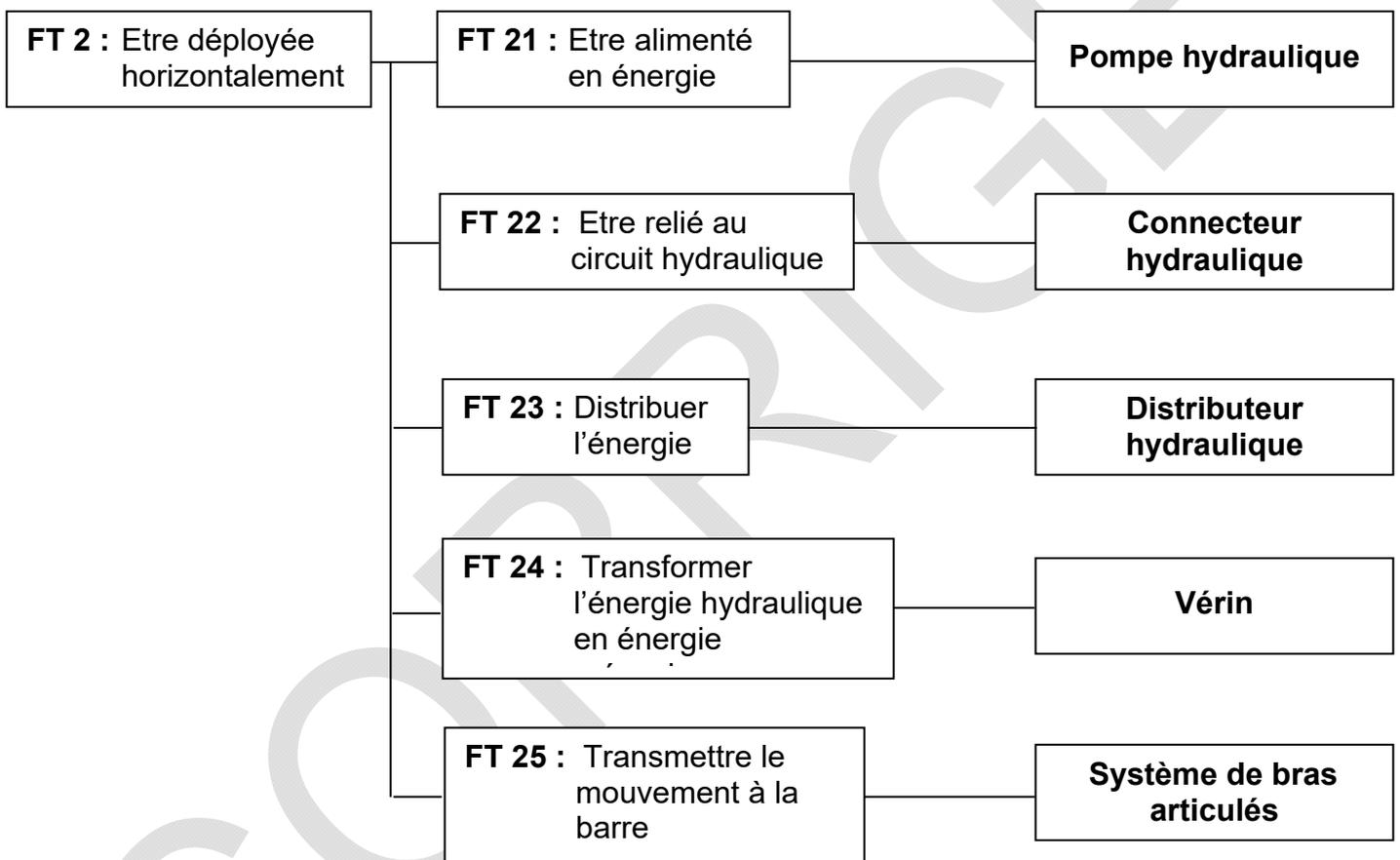
FC 7 : **Être connectée au circuit électrique du véhicule.**

2.2 – L'étude de la fonction principale débouche sur la recherche de solutions techniques relatives à la fonction technique suivante :

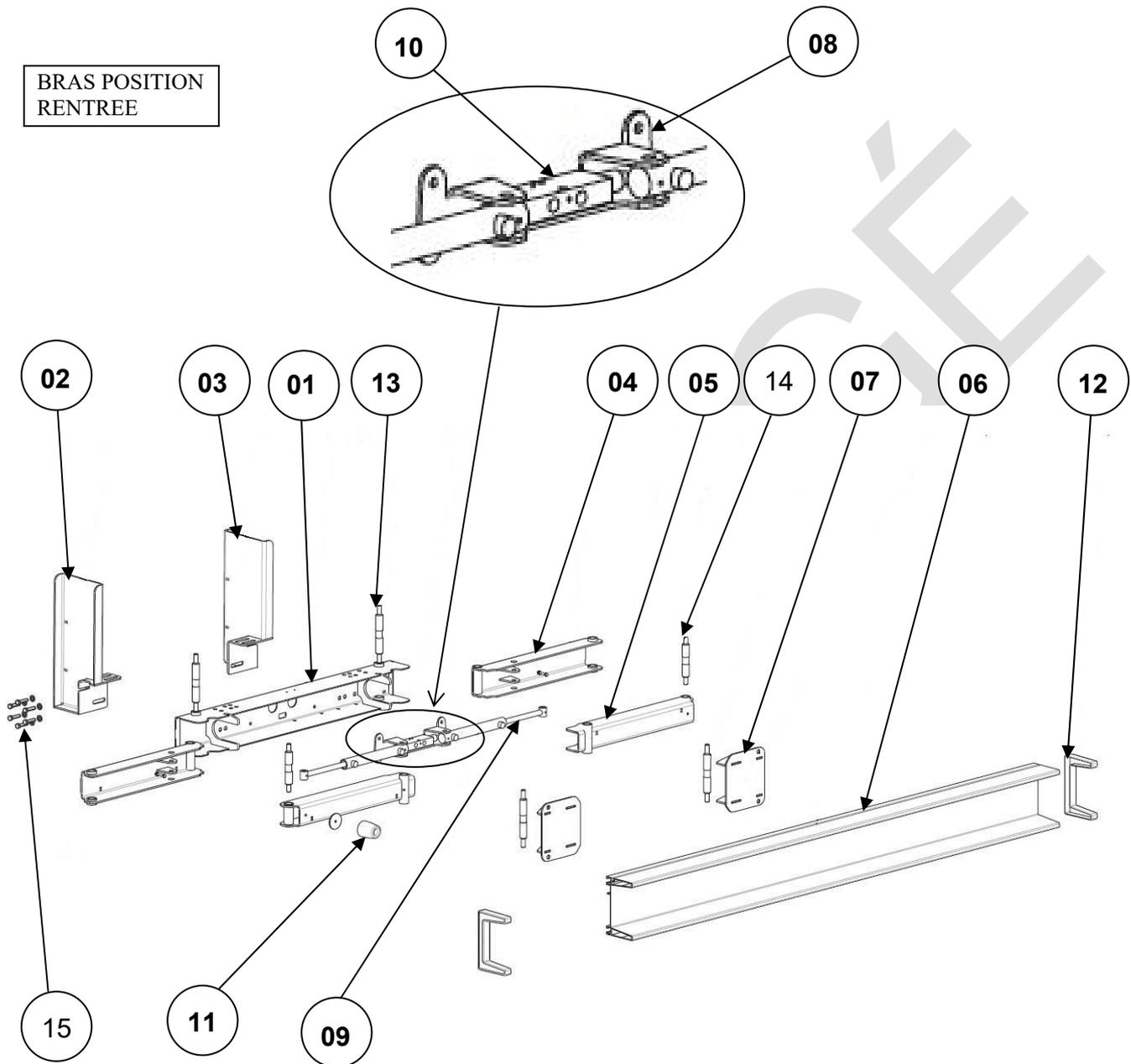
- FT2 Etre déployée horizontalement

Compléter l'extrait du diagramme FAST en utilisant les solutions suivantes :

Distributeur hydraulique, Système de bras articulés, Connecteur hydraulique, Vérin, Pompe hydraulique.

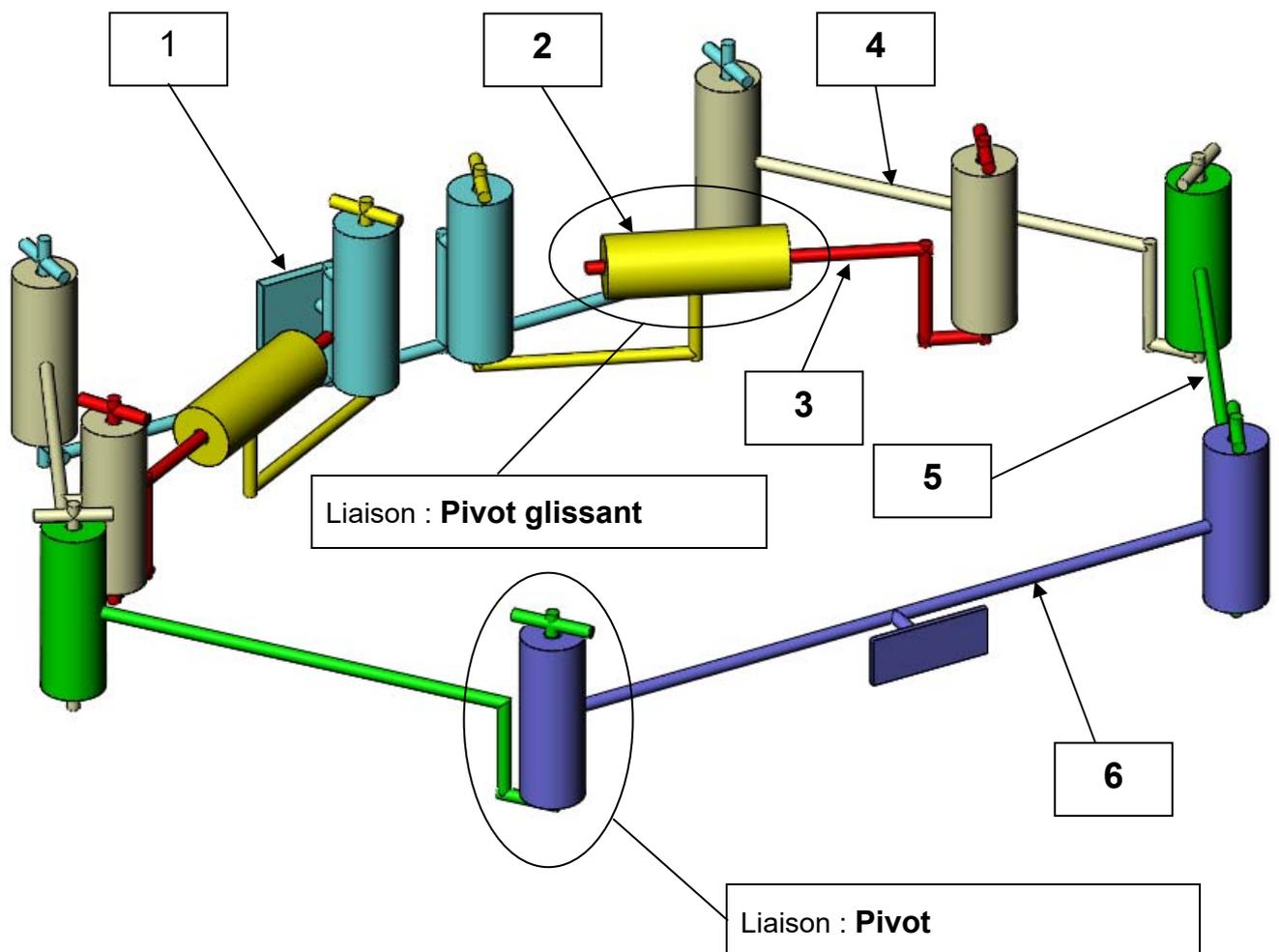


2.3 – En vous aidant du dessin d'ensemble de la BAE (voir DT page 7/10) et de sa nomenclature (voir DT page 8/10), **identifier** les repères des pièces constitutives de l'éclaté de la BAE.



2.4 – À l'aide dessin d'ensemble de la BAE (DT 7/10), du schéma cinématique (DT 8/10) et du tableau suivant, **repérer** la référence des sous-ensembles cinématiques (1, 2..) sur le schéma cinématique spatial. **Indiquer** le nom des deux liaisons entourées parmi les termes suivants : **Glissière, Pivot, Hélicoïdale, Pivot glissant**.

Réf. SE	Désignation du SE	Réf. SE	Désignation du SE
1	Ensemble fixe	4	Bras interne
2	Corps du vérin	5	Bras externe
3	Tige du vérin	6	Barre porte feux



Partie 3 : Étude cinématique de la barre anti-encastrement

Vous devez réaliser cette étude cinématique afin de valider le cahier des charges en déterminant la position de réglage du limiteur de débit du circuit hydraulique de la BAE et en calculant son temps de déploiement. La BAE ayant un plan de symétrie, l'étude est réalisée sur la partie droite du système. Pour une bonne clarté des documents :

- Soigner les tracés.
- Faire les constructions au crayon.
- Tracer les vecteurs au stylo.

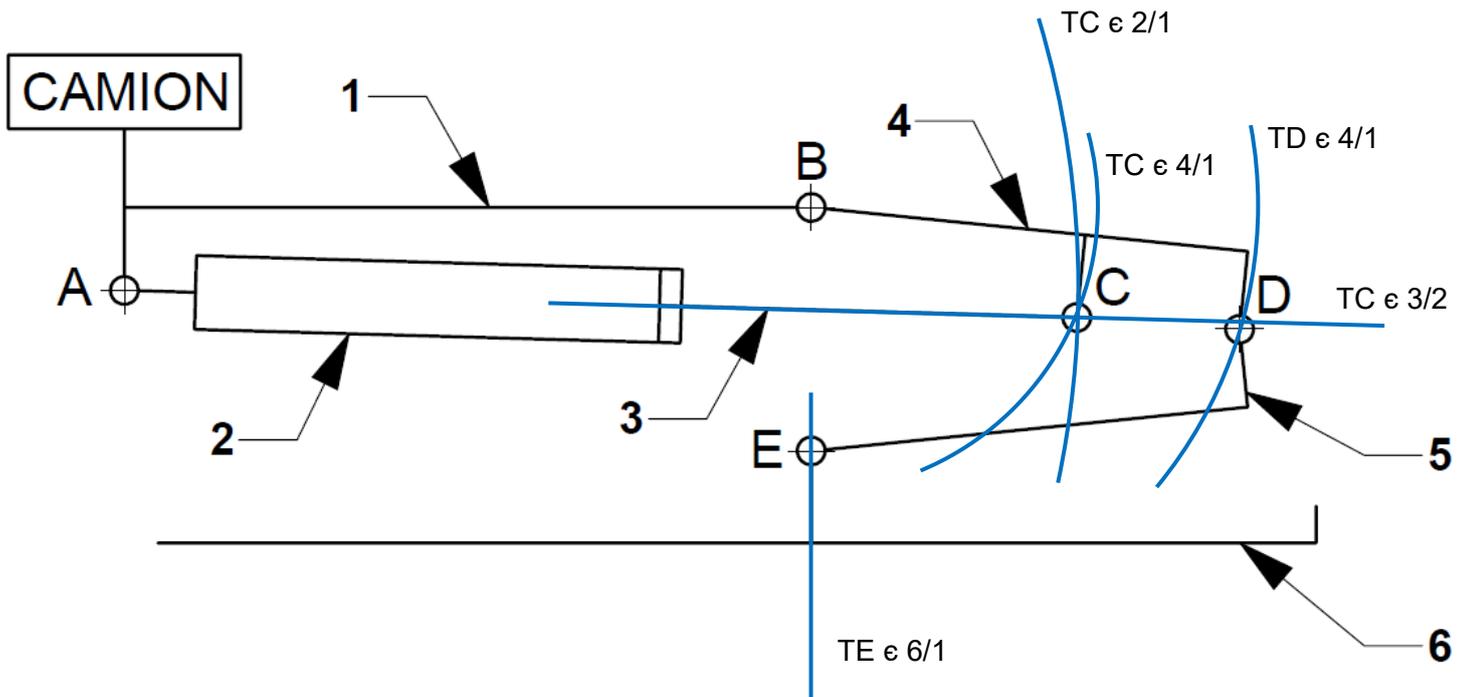
3.1 – Définir les mouvements des sous-ensembles cinématiques par rapport au camion à l'aide du schéma cinématique de la page suivante. (**Mouvement plan, Rotation, Translation**)

SE	Mouvement – centre / droite
2 / 1	Rotation de centre A
4 / 1	Rotation de centre B
3 / 2	Translation de droite (AC)
5 / 1	Mouvement plan
6 / 1	Translation de droite (BE)

3.2 – Définir les trajectoires des points. Voir le schéma cinématique de la page suivante:

- TC e 4/1: **Cercle de centre B et de rayon BC**
- TC e 3/2: **Droite (AC)**
- TC e 2/1: **Cercle de centre A et de rayon AC**
- TD e 4/1: **Cercle de centre B et de rayon BD**
- TE e 6/1: **Droite (BE)**

3.3 – Tracer et nommer les trajectoires sur le schéma cinématique ci-dessous :



3.4 – D'après le cahier des charges (voir DT page 2/10), **donner** la vitesse maximale de la barre repérée 6. Cette vitesse définira pour l'étude le vecteur vitesse $\overrightarrow{VE6/1}$.

$$\|\overrightarrow{VE6/1}\| = \underline{1} \text{ m/s}$$

3.5 – Comparer $\overrightarrow{VE6/1}$ et $\overrightarrow{VE5/1}$ d'après la composition des vitesses au point E suivante ?

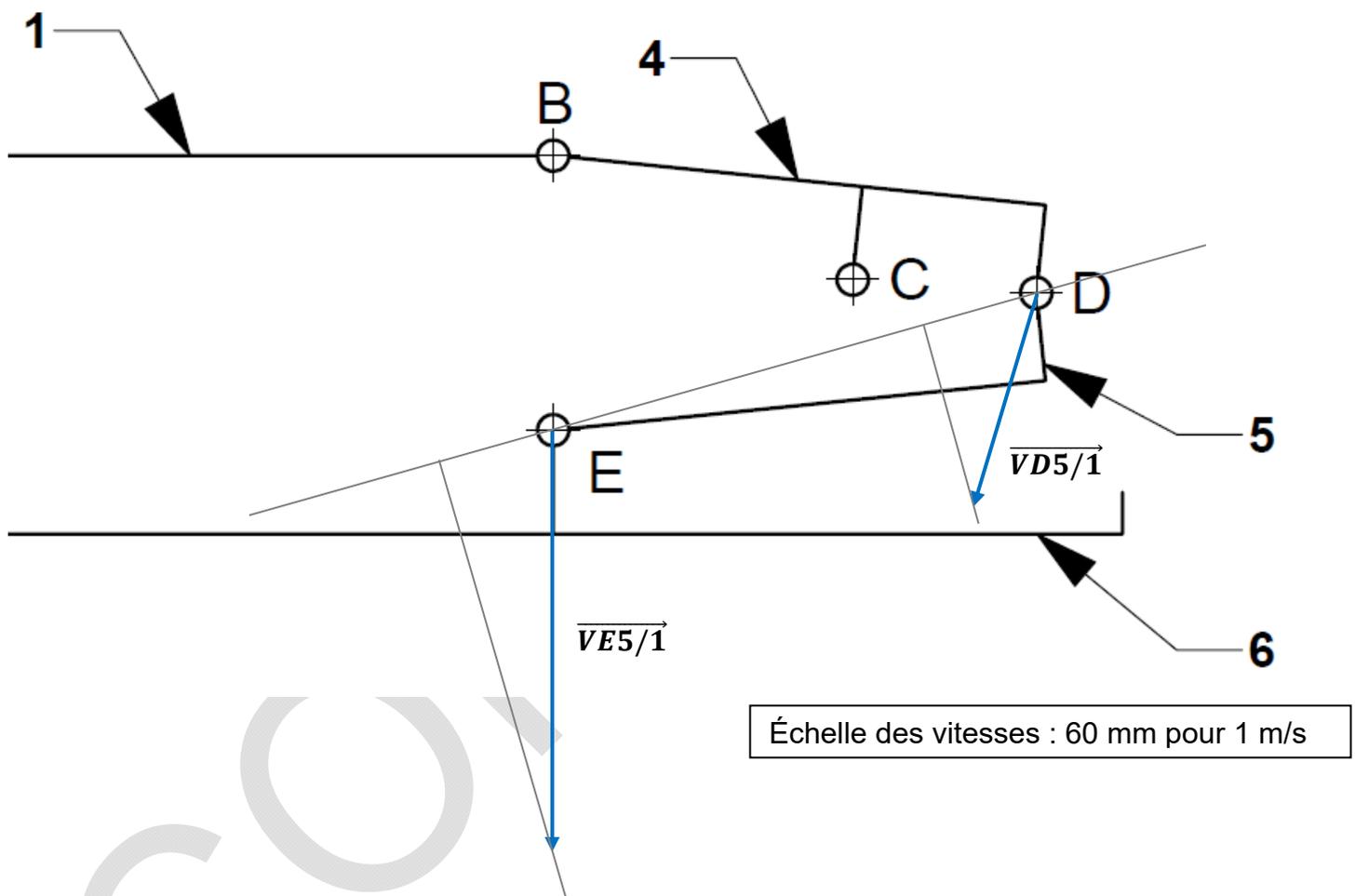
$$\overrightarrow{VE6/1} = \overrightarrow{VE6/5} + \overrightarrow{VE5/1} \text{ avec } \|\overrightarrow{VE6/5}\| = 0, E \text{ centre de liaison de } 6/5.$$

Ils sont égaux

3.6 – Tracer et nommer le vecteur vitesse $\overrightarrow{VE5/1}$ sur le schéma cinématique partiel ci-dessous.

3.7 – Déterminer graphiquement $\overrightarrow{VD5/1}$ par la méthode de l'équiprojectivité.

$$\|\overrightarrow{VD5/1}\| = \underline{\underline{0,53}} \text{ m/s}$$

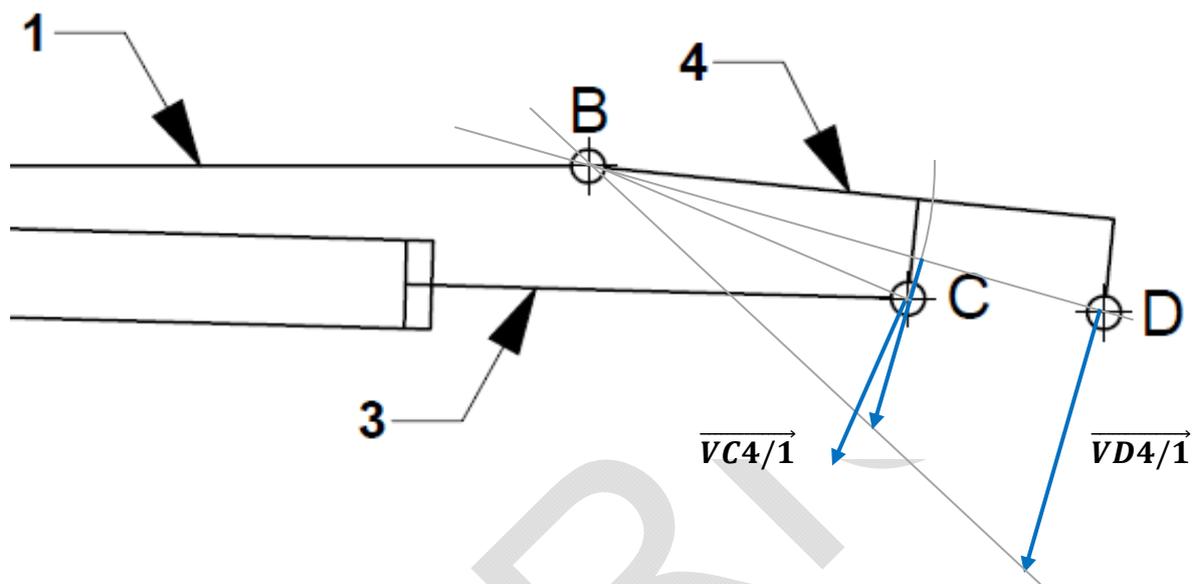


3.8 – Comparer $\overrightarrow{VD4/1}$ et $\overrightarrow{VD5/1}$. Justifier votre réponse.

Ils sont égaux car d'après la composition des vitesses au point D, $\overrightarrow{VD5/1} = \overrightarrow{VD5/4} + \overrightarrow{VD4/1}$

avec $\overrightarrow{VD5/4} = 0$

3.9 – Pour la question suivante on prendra $\|\overrightarrow{VD4/1}\| = 0,6$ m/s. Sur le schéma cinématique partiel ci-dessous tracer et nommer $\overrightarrow{VD4/1}$.



Échelle des vitesses : 60 mm pour 1 m/s

3.10 – Déterminer graphiquement $\overrightarrow{VC4/1}$ par la méthode du champs des vecteurs vitesse.

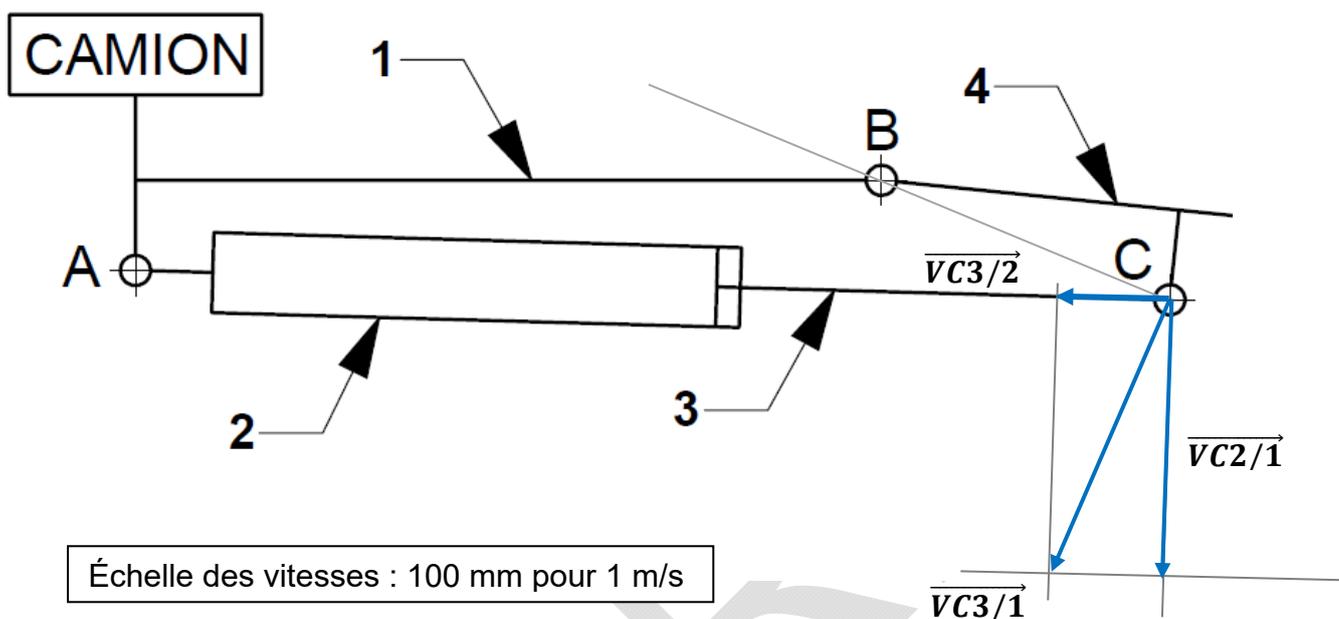
$$\|\overrightarrow{VC4/1}\| = \underline{\quad 0,38 \quad} \text{ m/s}$$

3.11 – Comparer $\overrightarrow{VC4/1}$ et $\overrightarrow{VC3/1}$. Justifier votre réponse.

Ils sont égaux car d'après la composition des vitesses au point C, $\overrightarrow{VC3/1} = \overrightarrow{VC3/4} + \overrightarrow{VC4/1}$

avec $\overrightarrow{VC3/4} = 0$

3.12 – Pour la question suivante on prendra $\|\vec{VC3/1}\| = 0,4$ m/s. Sur le schéma cinématique partiel ci-dessous **tracer et nommer** $\vec{VC3/1}$.



3.13 – La loi de composition des vitesses au point C est la suivante :

$$\vec{VC3/1} = \vec{VC3/2} + \vec{VC2/1}$$

Connaissant $\vec{VC3/1}$ et les trajectoires de $\vec{VC3/2}$ et de $\vec{VC2/1}$, **déterminer** graphiquement la vitesse de **rentrée** de tige du vérin $\vec{VC3/2}$. C'est la vitesse maximale de rentrée de tige du vérin pour respecter le cahier des charges.

$$\|\vec{VC3/2}\| = \underline{\underline{0,15}} \text{ m/s}$$

3.14 – D’après les dimensions du vérin précisées dans la nomenclature (voir DT page 8/10), **calculer** le débit de remplissage maximum en L/min pour respecter la vitesse de rentrée de tige en utilisant la formule donnée. **Voir** le dossier technique page 9/10. Pour cette question prendre $\|V_{C3/2}\| = 0,16 \text{ m/s}$

$$Q \text{ (L/min)} = 6 \times V \text{ (m/s)} \times S \text{ (cm}^2\text{)}$$

Calculer S en cm² :

$$\pi R^2 - \pi r^2 = \pi (R^2 - r^2)$$

$$\pi (23^2 - 7,5^2) = 1485 \text{ mm}^2$$

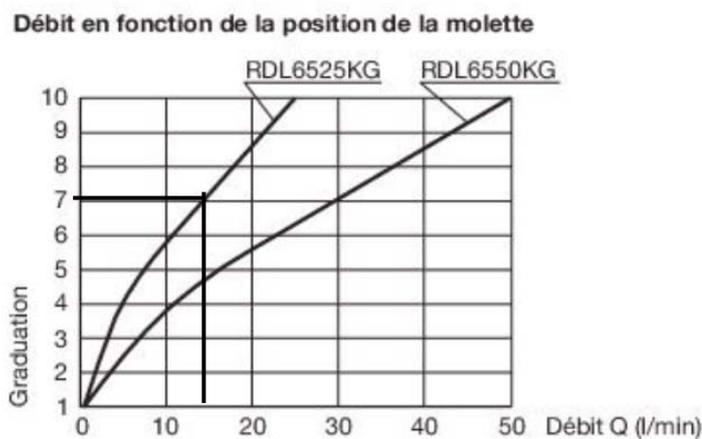
Soit 14,85 cm²

Calculer Q en L/min :

$$Q = 6 \times 0,16 \times 14,85 = 14,35$$

$$Q = \underline{14,35} \text{ L/min}$$

3.15 – À l’aide du graphique de réglage du limiteur de débit (voir la nomenclature page 8/10), **donner** la graduation de la molette de réglage pour que la vitesse de la barre ne dépasse pas 1m/s.



Graduation : 7

3.16 – D'après les caractéristiques du vérin précisées dans la nomenclature (voir DT page 8/10), **calculer** son temps de remplissage en utilisant la formule donnée. Pour cette question prendre $Q = 0,25$ L/s.

$$T \text{ (s)} = \text{Cylindrée (dm}^3\text{)} / Q \text{ (L/s)}$$

$$\text{Cylindrée (dm}^3\text{)} = \text{course (dm)} \times \text{surface (dm}^2\text{)}$$

$$\text{Cylindrée} = \text{course} \times \text{surface} = 2,4 \times (\pi R^2 - \pi r^2) = 2,4 \times \pi (0,23^2 - 0,075^2) = 2,4 \times 0,1485 = 0,356 \text{ dm}^3$$

$$T = 0,356 / 0,25 = 1,424$$

$$T = 1,4 \text{ s}$$

3.17 – Cette valeur respecte-t-elle le cahier des charges (DT page 2/10) ? **Justifier** votre réponse.

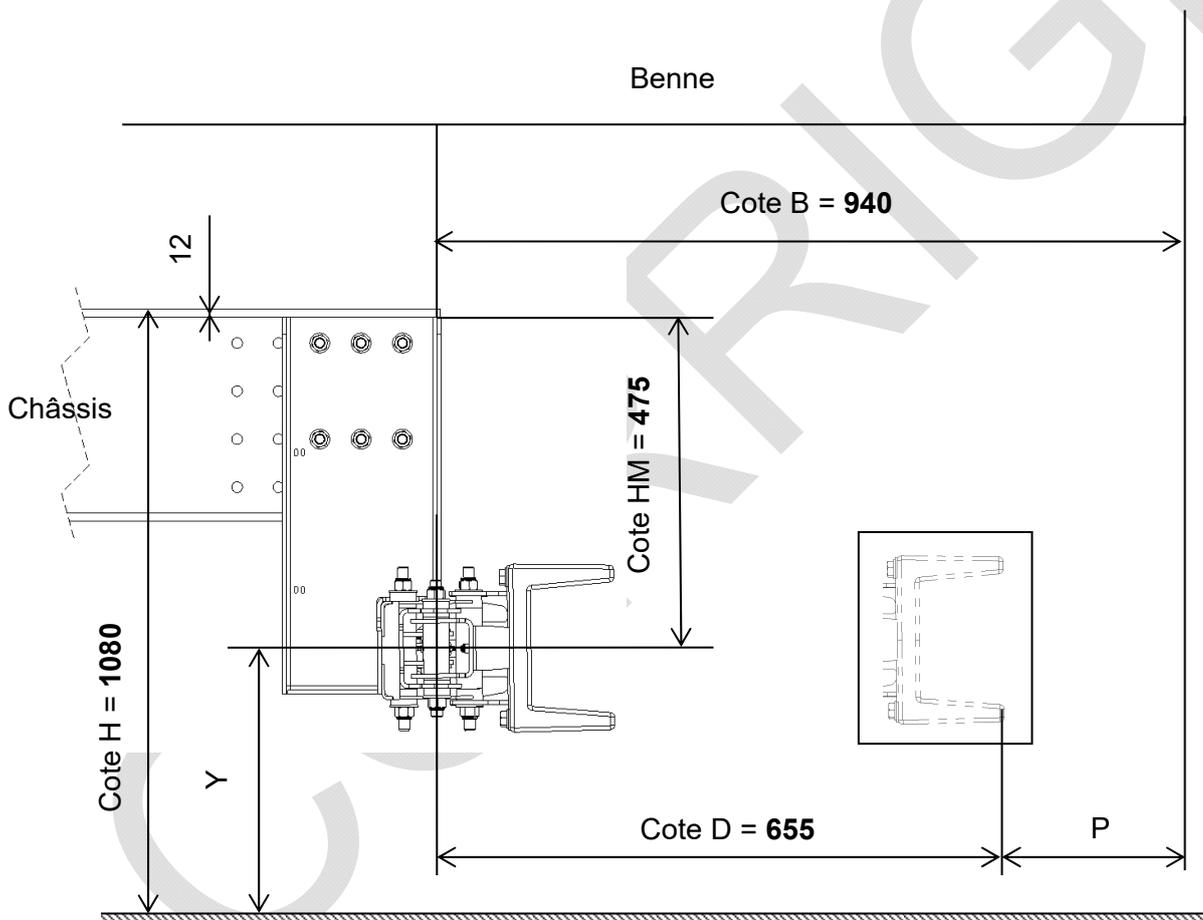
Oui, car elle est inférieure à 3 secondes

Partie 4 : Etude du montage de la B.A.E.

Vous devez réaliser l'assemblage de la BAE avec le châssis du véhicule, voir le plan d'installation ci-dessous. Vous devez vérifier la conformité du montage.

Données : Le bord des platines de la BAE est aligné verticalement avec le bord du châssis.

4.1 – À l'aide des différents documents techniques, **renseigner** en mm sur la figure ci-dessous les cotes H hauteur du châssis en charge (voir DT page 3/10), HM hauteur médiane de la BAE (voir dessin d'ensemble de la BAE), D dimension de déploiement de la BAE (voir DT page 5/10) et B longueur de dépassement de la benne (voir DT page 6/10).



4.2 – D'après les document du fabricant de la BAE (voir DT page 5/10), **donner** les valeurs maxi des cotes « Y » et « P » ?

Y maxi = **600 mm**

P maxi = **345 mm**

4.3 – Calculer les cotes Y (hauteur du plan médian de la barre par rapport au sol) et P (écart admissible entre la barre déployée et la fin de la benne).

Y = 1080 – 12 - 475

Y = 593 mm

P = 940 - 655

P = 285 mm

4.4 – Comparer les cotes « Y » et « P » avec les maxi du fabricant de la BAE (voir DT page 5/10). **Conclure** sur la validation des cotes « Y » et « P ».

Y (593) est inférieur à Y maxi (600) et P (285) est inférieur à P maxi (345)

Les cotes calculées respectent les cotes maxi du fabricant.

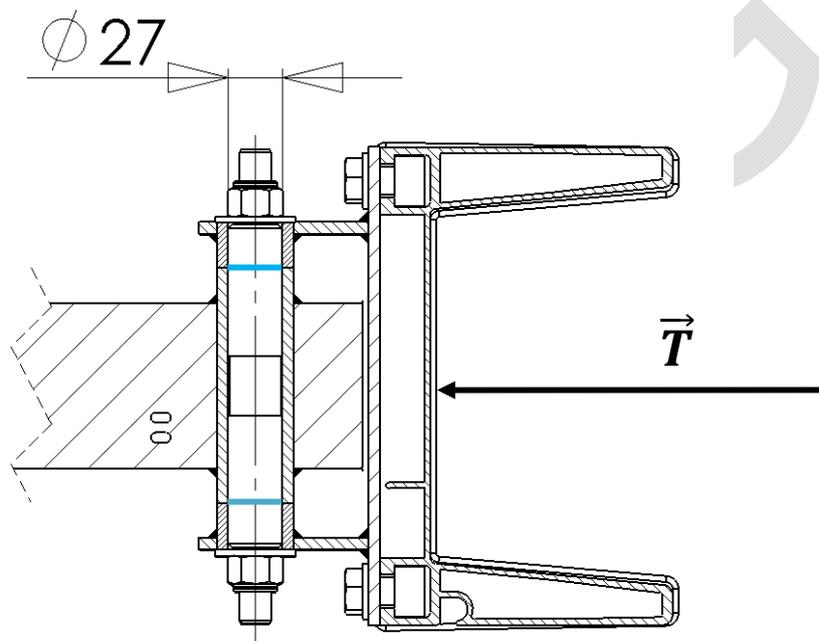
Partie 5 : Étude de l'axe de liaison bras externe/barre

Lors de la visite de révision du véhicule on constate une détérioration de l'axe de liaison bras externe/barre. Le fabricant de la BAE est en rupture de stock. Vous faites appel à un sous traitant pour réaliser un nouvel axe.

Vous devez déterminer le matériau de fabrication de cet axe afin de satisfaire la norme de résistance des BAE.

Données : Les BAE doivent résister à un effort $|\vec{T}| = 50\,000\text{ N}$ (pour un axe)

Le coefficient de sécurité est $k = 10$



5.1 – Sur le dessin, **tracer** en bleu la (les) section(s) cisailée(s) de l'axe.

5.2 – **Calculer** en mm^2 la (les) section(s) cisailée(s) de l'axe. **Arrondir** à l'unité.

Pour une section : $\pi R^2 = \pi \times 13,5^2 = 572,5$

Pour deux sections : $572,5 \times 2 = 1145$

S = 1145 mm^2

5.3 – Donner la condition de résistance de l'axe. **Consulter** le formulaire RDM du dossier technique page 10/10.

$$T / S \leq R_{pg} = \text{Reg} / k$$

5.4 – Calculer la limite au glissement Reg.

$$\text{Reg} = T \times k / S = 50\,000 \times 10 / 1145 = 436,7 \text{ MPa}$$

5.5 – Calculer la limite élastique Re.

$$\text{Reg} = 0,5 \times \text{Re} \quad \text{Re} = \text{Reg} / 0,5 \quad \text{Re} = 436,7 / 0,5 = 873,4 \text{ MPa}$$

5.6 – Choisir un matériau vérifiant cette limite élastique dans la liste fournie par le sous-traitant.

Types	Matériaux	Re (MPa)	Rr (MPa)
<i>Aciers d'usage général</i>	S 235	235	340
<i>Aciers de construction mécanique</i>	E 335	335	570
<i>Aciers pour traitements thermiques</i>	C 25	285 à 370	460 à 690
<i>Aciers faiblement alliés</i>	13 Ni Cr 14	650 à 800	800 à 1450
<i>Aciers faiblement alliés</i>	36 Ni Cr Mo 16	900 à 1250	1000 à 1750
<i>Acier inoxydable</i>	X 2 Cr Ni 19.11	185	440 à 640

Matériaux choisis : **36 Ni Cr Mo 16**

5.7 – Décoder la désignation de ce matériau à l'aide du dossier technique page 9/10.

C'est un acier faiblement allié à 0,36 % de carbone, 4 % de nickel, moins de 1 % de chrome et de molybdène.