

CA PLP CONCOURS INTERNE

SECTION GENIE MECANIQUE

**Option : MAINTENANCE DES VÉHICULES, MACHINES
AGRICOLES ET ENGINS DE CHANTIER**

SESSION 2003

**Etude d'un système technique et/ou
d'un processus technique**

Eléments de correction

Ce dossier contient 17 pages (y compris celle-ci)

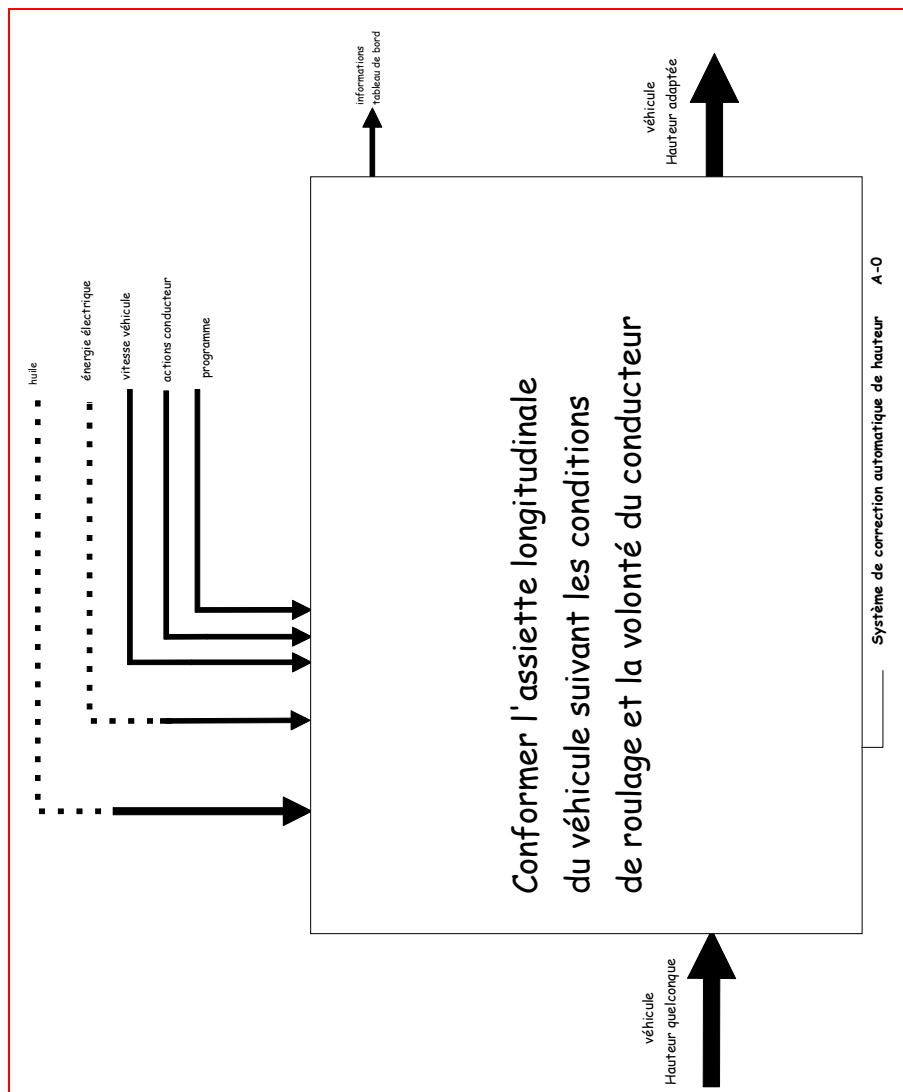
1- Étude fonctionnelle

Cette partie a pour but d'identifier les composants assurant les différentes fonctions du système

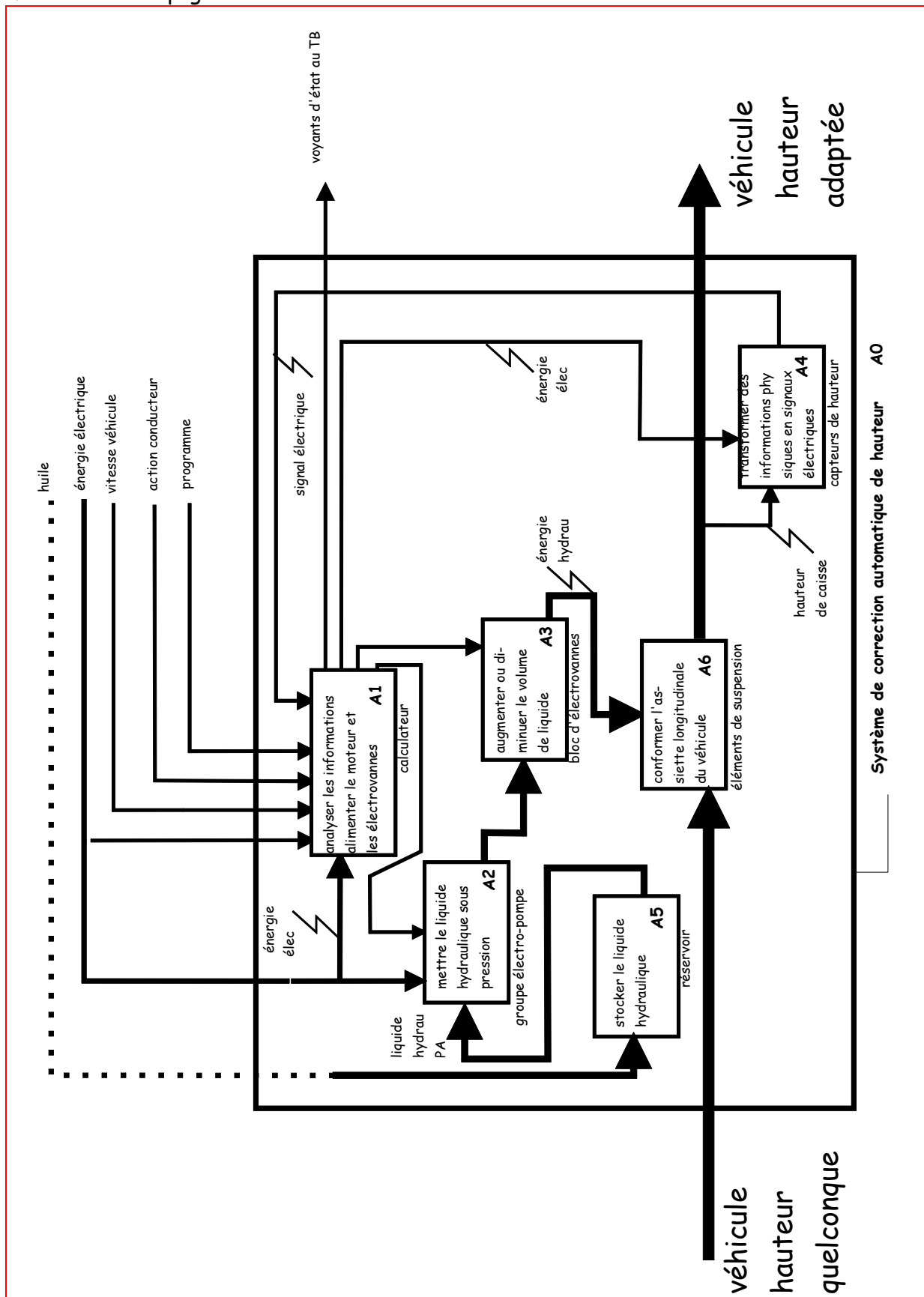
En vous aidant des pages 1 à 9 du dossier technique, on demande :

1-1 Compléter le graphe fonctionnel de premier niveau (A-0) en ne faisant paraître que les données suivantes :

- énergie électrique
- huile
- véhicule avec hauteur quelconque
- conformer l'assiette longitudinale du véhicule suivant les conditions de roulage et la volonté du conducteur
- vitesse véhicule
- actions conducteur
- informations tableau de bord
- réglages
- véhicule avec hauteur adaptée



1-2 Compléter le graphe fonctionnel de deuxième niveau (A-O) à l'aide des informations fournies sur la page suivante.



- | | |
|---|--------------------------|
| - stocker le liquide hydraulique | - capteurs de hauteur |
| - augmenter ou diminuer le volume | - hauteur de caisse |
| - véhicule hauteur adaptée | - groupe électro-pompe |
| - véhicule hauteur quelconque | - huile |
| - réglage | - énergie électrique |
| - produire l'énergie hydraulique de service | - énergie hydraulique |
| - conformer l'assiette longitudinale du véhicule | - action conducteur |
| - transformer informations physiques en signaux électriques | - vitesse véhicule |
| - bloc d'électrovannes | - éléments de suspension |
| - informations tableau de bord | - réservoir |
| - analyser informations, alimenter moteur et électrovannes | - calculateur |

puis de placer les informations ou énergies véhiculées dans les canalisations repérées par 1 éclair et détaillées ci-dessous.

- | | |
|---------------------|-----------------------|
| - hauteur de caisse | - énergie électrique |
| - signal électrique | - énergie hydraulique |

2- Étude scientifique

Cette partie a pour but de démontrer l'intérêt du système de correction automatique de hauteur en fonction de la vitesse.

2-1 Étude de l'effet de la variation de hauteur sur la résistance de l'air s'opposant à l'avancement

En vous aidant des pages 5, 16 et 17 du dossier technique, on demande :

2-1.1 le véhicule (C5 - 2,2 Hdi) n'est pas équipé du système hydractive 3, (la hauteur de caisse ne varie pas avec la vitesse, H1 et H2 = Ctes = hauteurs de référence avant et arrière), calculer la force F_{RA} , lors du déplacement du véhicule :

- a) à 120 km/h et sans vent ;
- b) à la même vitesse avec un vent de face de 30 km/h.

On rappelle que : $F_{RA} = \frac{1}{2} \rho \cdot S \cdot C_x \cdot V^2$ et :

F_{RA}	Force de résistance à l'avancement	en N
ρ	Masse volumique de l'air $\rho_{air} = 1,2$	en kg/m^3
S	La surface frontale du véhicule	en m^2
C_x	Coefficient de résistance à l'air	0,3
V	Vitesse du véhicule	en m/s

Dans le cas du véhicule sur son assiette de référence : $S = 0,9 \cdot H \cdot l$ (H et l : dimensions extérieures du véhicule) ;

a)

$$\begin{aligned} S_1 &= 0,9 \cdot 1,770 \cdot 1,476 = 2,35 \text{ m}^2 \\ V_1 &= 120 \cdot 1000 / 3600 = 33,33 \text{ m/s} \\ F_{RA1} &= 0,5 \cdot 1,2 \cdot 2,35 \cdot 0,3 \cdot 33,33^2 = 469,90 \text{ N} \end{aligned}$$

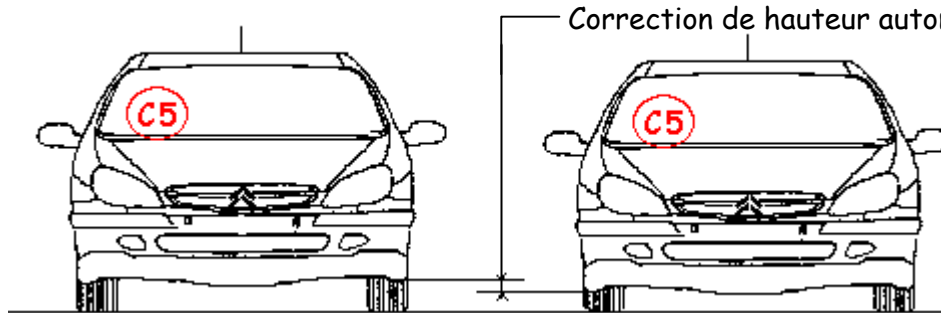
b)

$$\begin{aligned} S_1 &= S_2 \\ V_2 &= (120 + 30) \cdot 1000 / 3600 = 41,66 \text{ m/s} \\ F_{RA2} &= 0,5 \cdot 1,2 \cdot 2,35 \cdot 0,3 \cdot 41,66^2 = 734,25 \text{ N} \end{aligned}$$

2-1.2 le véhicule (C5 - 2,2 Hdi) est équipé du système hydractive 3 et roule en position 'abaissé sur autoroute', calculer la nouvelle force F_{RA} , lors du déplacement du véhicule (dans les mêmes conditions que précédemment, à 120 km/h sans vent et avec vent de 30 km/h) en prenant en compte la diminution de la surface frontale qui correspond à la variation de la surface des roues avant:

Véhicule position assiette de référence

Véhicule position autoroute (- 15 mm à l'avant)



a)

$$S3 = S1 - (0,205 * 0,015 * 2) = 2,35 - 0,00615 = 2,343 \text{ m}^2$$

$$V = 120 \text{ km/h} = 33,33 \text{ m/s}$$

$$F_{RA3} = 0,5 * 1,2 * 2,34 * 0,3 * 33,33^2 = 468,71 \text{ N}$$

b)

$$S3 = S1 - (0,205 * 0,015 * 2) = 2,35 - 0,00615 = 2,343 \text{ m}^2$$

$$V = 120 + 30 = 150 \text{ km/h} = 41,66 \text{ m/s}$$

$$F_{RA3} = 0,5 * 1,2 * 2,34 * 0,3 * 41,66^2 = 731,01 \text{ N}$$

2-1.3 Tableaux des résultats et conclusions :

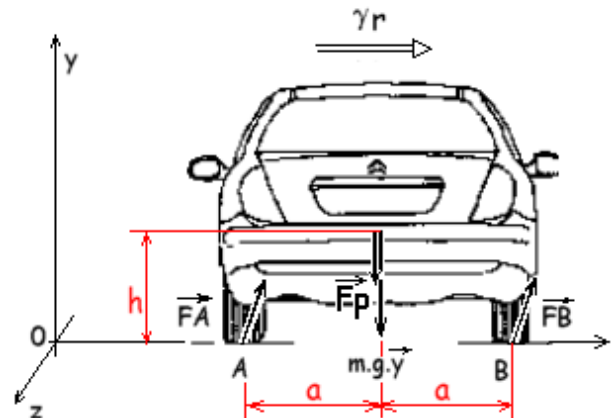
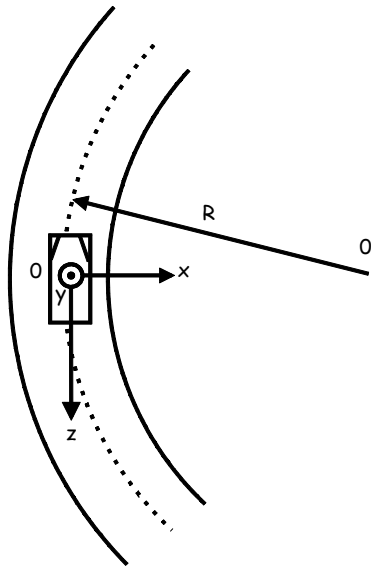
Vitesse 120 km/h			
Véhicule sans correction d'assiette		Véhicule avec correction	
Sans vent	Avec vent de 30 km/h	Sans vent	Avec vent de 30 km/h
$F_{RA} = 469,95 \text{ N}$	$F_{RA} = 734,25 \text{ N}$	$F_{RA} = 468,71 \text{ N}$	$F_{RA} = 731,01 \text{ N}$

Que pensez-vous de l'efficacité du système sur F_{RA} et donc sur la consommation de carburant ?

La différence entre les valeurs trouvées n'est pas significative et ne permet pas de certifier que le système a été conçu pour diminuer F_{RA} et donc de diminuer la consommation de carburant.

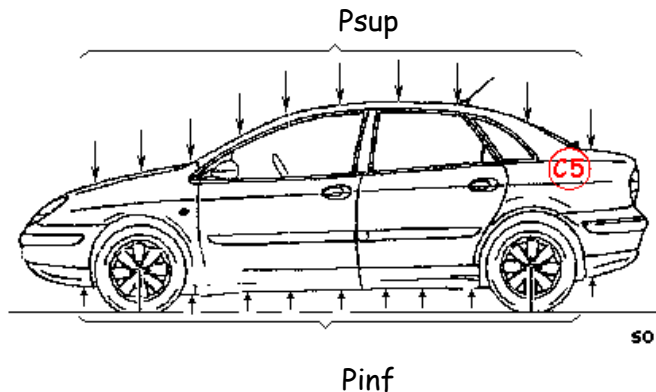
2-2 Étude de l'effet de la variation de hauteur sur la tenue de route en virage

On suppose que les efforts sur le véhicule se réduisent à ceux ci-dessous :



Dans ces conditions ($V = Cte$) $\gamma t = 0$: le véhicule est soumis à une accélération radiale $\gamma r \vec{x} > 0$

Détail de \bar{F}_p



$$\bar{F}_p = -\Delta p \cdot S \quad \text{①}$$

S = surface, vue de dessus ou de dessous, du véhicule

En faisant l'étude dynamique du véhicule on montre que :

- ✓ sur x : $\bar{X}F_A + \bar{X}F_B = m \cdot \gamma r$ ②
- ✓ sur y : $\bar{Y}F_A + \bar{Y}F_B + \bar{F}_p = m \cdot g$ ③
- ✓ sur $z \rightarrow 0$
- ✓ $\bar{Y}F_A + \bar{Y}F_B + \bar{F}_p + m \cdot g = 0$ ④
- ✓ Moment dynamique négligé

Avec $\bar{X}F_A$ Projection de F_A sur l'axe des x

$\bar{X}F_B$ Projection de F_B sur l'axe des x

$\bar{Y}F_A$ Projection de F_A sur l'axe des y

$\bar{Y}F_B$ Projection de F_B sur l'axe des y

$m \cdot g$ Poids du véhicule sur y

\bar{F}_p Portance, action de la différence de pression agissant sur et sous le véhicule

γr Accélération radiale due au virage $\rightarrow \gamma r = \frac{V^2}{R}$ ⑥

$Mt/y \rightarrow 0$; $Mt/x \rightarrow 0$

$Mt_e/z \rightarrow (YF_A - YF_B)a + (XF_A + XF_B)h = 0$ ⑤

on considère qu'il y a équiadhérence

Après simplification, on obtient : $V_{max}^2 = g \cdot \tan \varphi \cdot R + \left(\frac{\Delta p \cdot S \cdot \tan \varphi}{m} \cdot R \right)$ avant glissement

On demande de calculer la vitesse maximale du véhicule en virage dans les deux cas (sans et avec hydractive 3) à l'aide des données suivantes et de celles des pages 16 et 17 du dossier technique :

	Sans hydractive 3	Avec hydractive 3
Δp	0 bar	0,002 bar
Rayon du virage	130 m	130 m
$\text{tg } \varphi$ sol sec	0,70	0,70

Des essais en soufflerie ont permis d'obtenir Δp (différence de pression entre le dessus et le dessous du véhicule, avec et sans hydractive).

2-2.1 détails des calculs :

$$V_{\max}^2 = g \cdot \text{tg } \varphi \cdot R + \left(\frac{\Delta p \cdot S \cdot \text{tg } \varphi}{m} \cdot R \right)$$

- sans hydractive 3

$$V^2 = 9,81 \times 0,70 \times 130 = 892,71$$

$$\rightarrow V = \sqrt{892,71} = 29,87 \text{ m/s} = 107,53 \text{ km/h}$$

- avec hydractive 3

$$S = 4,618 \times 1,770 = 8,17 \text{ m}^2$$

$$V^2 = 9,81 \times 0,70 \times 130 + ((200 \times 8,17 \times 0,7) \times 130 / 1485) = 892,71 + 100,13 = 992,84$$

$$\rightarrow V = \sqrt{992,84} = 31,509 \text{ m/s} = 113,43 \text{ km / h}$$

2-2.2 Tableaux des résultats et conclusions :

	Sans correction de hauteur	Avec correction de hauteur
	$\text{tg } \varphi = 0,70$	$\text{tg } \varphi = 0,70$
V_{\max}	107,53 km/h	113,43 km / h

Les résultats obtenus montrent que dans les deux cas, l'équid adhérence est maintenue et le véhicule pourra aborder un même virage à une vitesse 6 km/h plus vite. Toutefois, il faut remarquer que la différence de vitesse est directement liée à la différence de pression entre le dessus et le dessous du véhicule. Dans le cas présent :

$$\Delta p = 0,002 \text{ b}$$

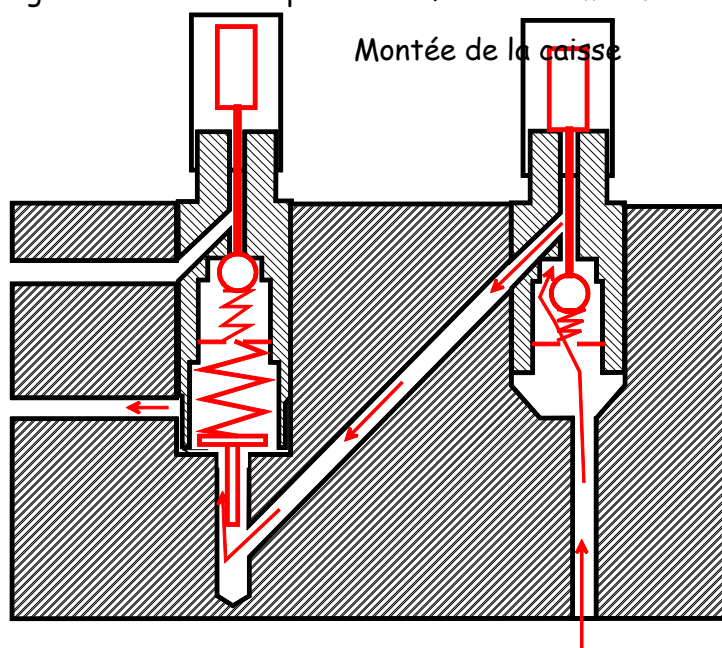
3- Étude structurelle (partie hydraulique)

Cette partie a pour but d'appréhender le fonctionnement détaillé du circuit hydraulique en étudiant quelques composants et d'arriver à établir le schéma du circuit complet.

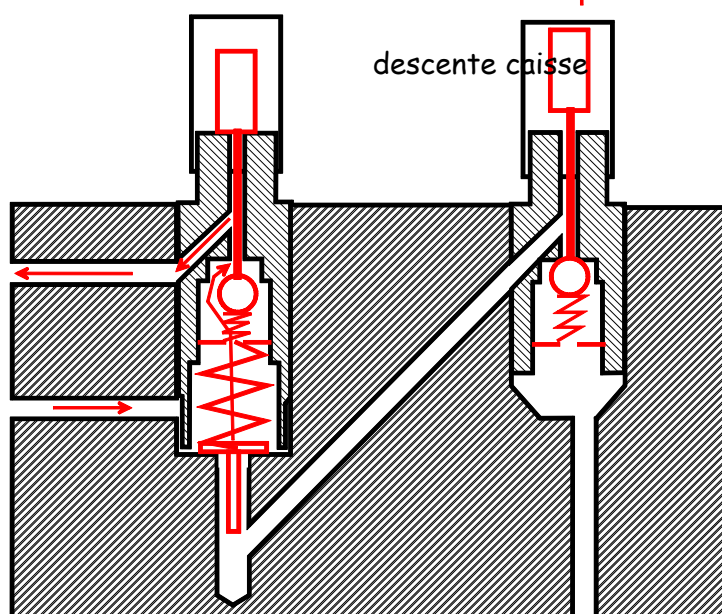
3-1 Étude des éléments réalisant la fonction AUGMENTER OU DIMINUER LE VOLUME DE LIQUIDE (Groupe d'électrovannes)

Il s'agit de 4 électrovannes (deux d'admission et deux d'échappement) placées dans un même bloc. Une électrovanne de chaque est assignée à l'essieu avant, les autres à l'essieu arrière.

A l'aide du dossier technique page 7, dans les emplacements réservés ci-dessous, compléter les schémas de principe d'un ensemble de 2 électrovannes, dans les phases « montée » et « descente » de la caisse du véhicule. Expliquez de façon simple et rigoureuse ces deux phases de fonctionnement.



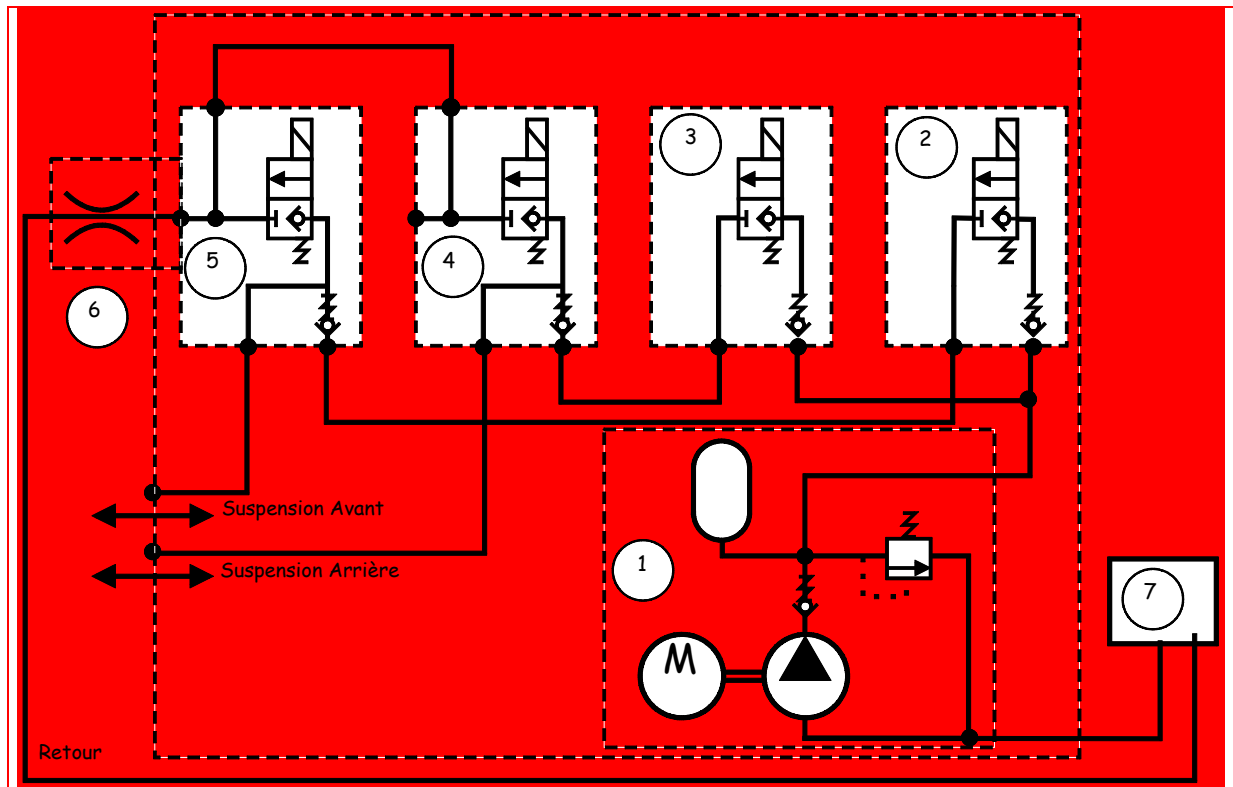
Fonctionnement : le calculateur décide d'une nécessité de montée de la caisse, la pompe est mise en marche, il alimente l'électrovanne d'admission (Av ou Ar suivant le cas), le liquide sous pression contourne le clapet ainsi ouvert. La pression décolle le clapet anti-retour, le fluide hydraulique se dirige dans les éléments de suspension concernés. Lorsque la hauteur est atteinte, le capteur en informe le calculateur qui arrête la pompe et cesse d'alimenter l'électrovanne.



Fonctionnement : le calculateur décide de la nécessité de descendre la caisse, il alimente l'électrovanne d'échappement (Av ou Ar suivant le cas), le liquide sous pression contourne le clapet ainsi ouvert. Le fluide hydraulique retourne dans le réservoir. Lorsque la hauteur est atteinte, le capteur en informe le calculateur qui cesse d'alimenter l'électrovanne.

3-2 Synthèse

En vous aidant des pages 2 à 4, 7 et 8 du dossier technique, réaliser ci-dessous, en respectant les cadres prévus pour chaque ensemble, le schéma hydraulique normalisé complet du circuit du système de correction automatique de hauteur. Les éléments de suspension ne seront pas représentés.



- 1 Groupe Électro-Pompe
- 2 Electrovanne admission suspension avant
- 3 Electrovanne échappement avant
- 4 Electrovanne admission arrière
- 5 Electrovanne échappement arrière
- 6 Calibreur retour
- 7 Réservoir

4- Étude structurelle (partie électrique)

Cette partie a pour but d'appréhender le fonctionnement détaillé du circuit électrique en étudiant quelques composants.

4-1 Étude l'élément réalisant la fonction ACQUÉRIR LES PARAMÈTRES PHYSIQUES (le capteur de hauteur : pages 9 et 10 du dossier technique).

Les signaux émis par ce capteur, sur les sorties S1 et S2, sont analysés par le calculateur pour déterminer angle, sens et vitesse de rotation dus à la variation de hauteur de la caisse du véhicule.

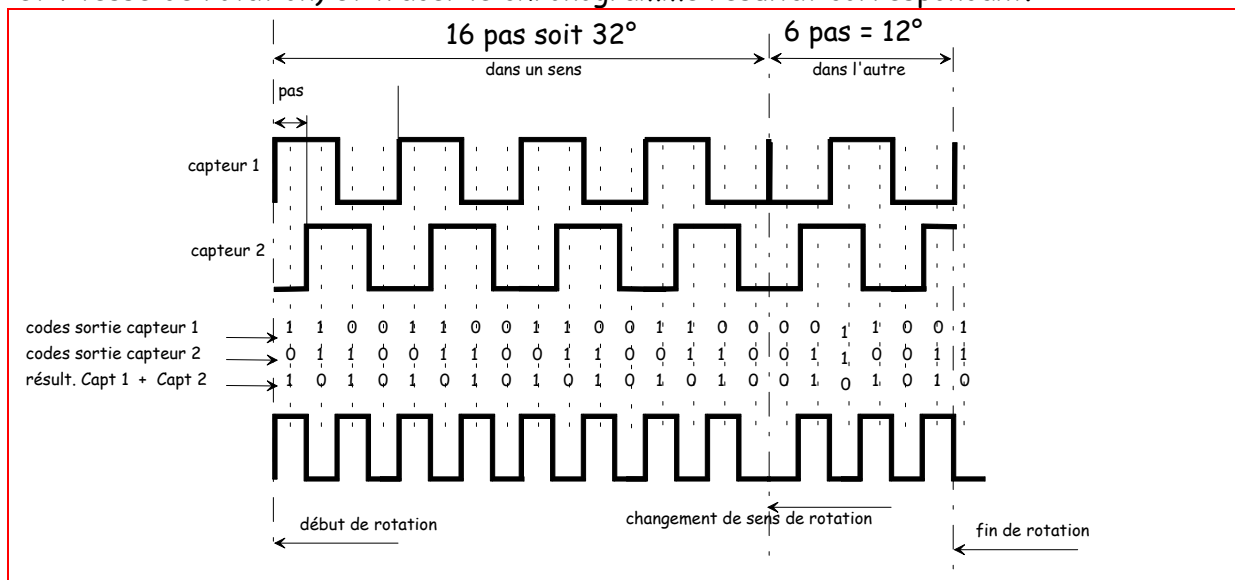
Le paragraphe 1c de la page 9 indique que pour augmenter la précision du capteur deux éléments optiques sont utilisés. On demande :

a) calculer cette précision.

45 dents par roue donne un pas de $360^\circ / (45 \times 4) = 2^\circ$

b) tracer, sur le graphe ci-dessous, deux chronogrammes qui seraient relevés aux bornes S1 et S2 des éléments optiques du capteur à partir de la position (assiette de référence de la caisse = début de rotation). L'oscillation relevée sera de 16 pas dans un sens et de 6 dans l'autre.

c) compléter les codes de sortie de ces 2 éléments, de faire l'opération logique résult. = 1 (ou exclusif) 2 = $1 \oplus 2$ (comme le fera le calculateur pour déterminer angle, sens et vitesse de rotation) et tracer le chronogramme résultat correspondant.



d) en déduire comment le calculateur détermine le changement de sens de rotation du capteur

Si le calculateur « voit » deux zéros ou deux un consécutifs, il interprète ce résultat comme un changement de sens. Le capteur a été actionné dans l'autre sens.

e) déterminer la nouvelle hauteur moyenne Arrière (Hmoy) mémorisée par le calculateur après l'oscillation sachant qu'à son origine, la caisse était en assiette de référence et qu'une masse jetée dans le coffre est la cause de la perturbation. (la hauteur de la caisse initiale peut être déterminée par le calcul avec les pages 16 et 17 du document technique).

Calcul de la hauteur de caisse arrière H2 entre le support de traverse arrière et le sol :

$$L2 = R2 - H2 \rightarrow H2 = R2 + L2$$

$$R2 = ((15 \times 25,4)/2 + (205 \times 65\%))$$

$$H2 = 190,5 + 133,25 + 73$$

$$H2 = 396,75 \text{ mm.}$$

La variation de $16 - 6 = 10$ pas. 1 pas = 1,11 mm donc le véhicule est plus haut ou plus bas de 11,1 mm. Comme la modification de hauteur est liée à la charge dans le coffre, la caisse du véhicule s'est abaissée de 16 pas puis est remontée de 6, d'où 10 pas plus bas qu'au départ.

$$H_{\text{instantanée}} = 396,75 - (10 \times 1,11) = 385,65 \text{ mm}$$

$$H_{\text{moy}} = \frac{1}{32}(385,65) + \frac{31}{32}(396,75) = 12,05 + 384,35 = 394,40 \text{ mm}$$

f) d'en déduire ce que le calculateur va mettre en œuvre pour replacer le véhicule à son assiette d'avant perturbation.

Le calculateur constate que la hauteur de caisse arrière est trop élevée, il va piloter la pompe et l'électrovanne d'admission arrière jusqu'à ce que l'apport de liquide dans les éléments de suspension aient replacé la caisse à la bonne hauteur.

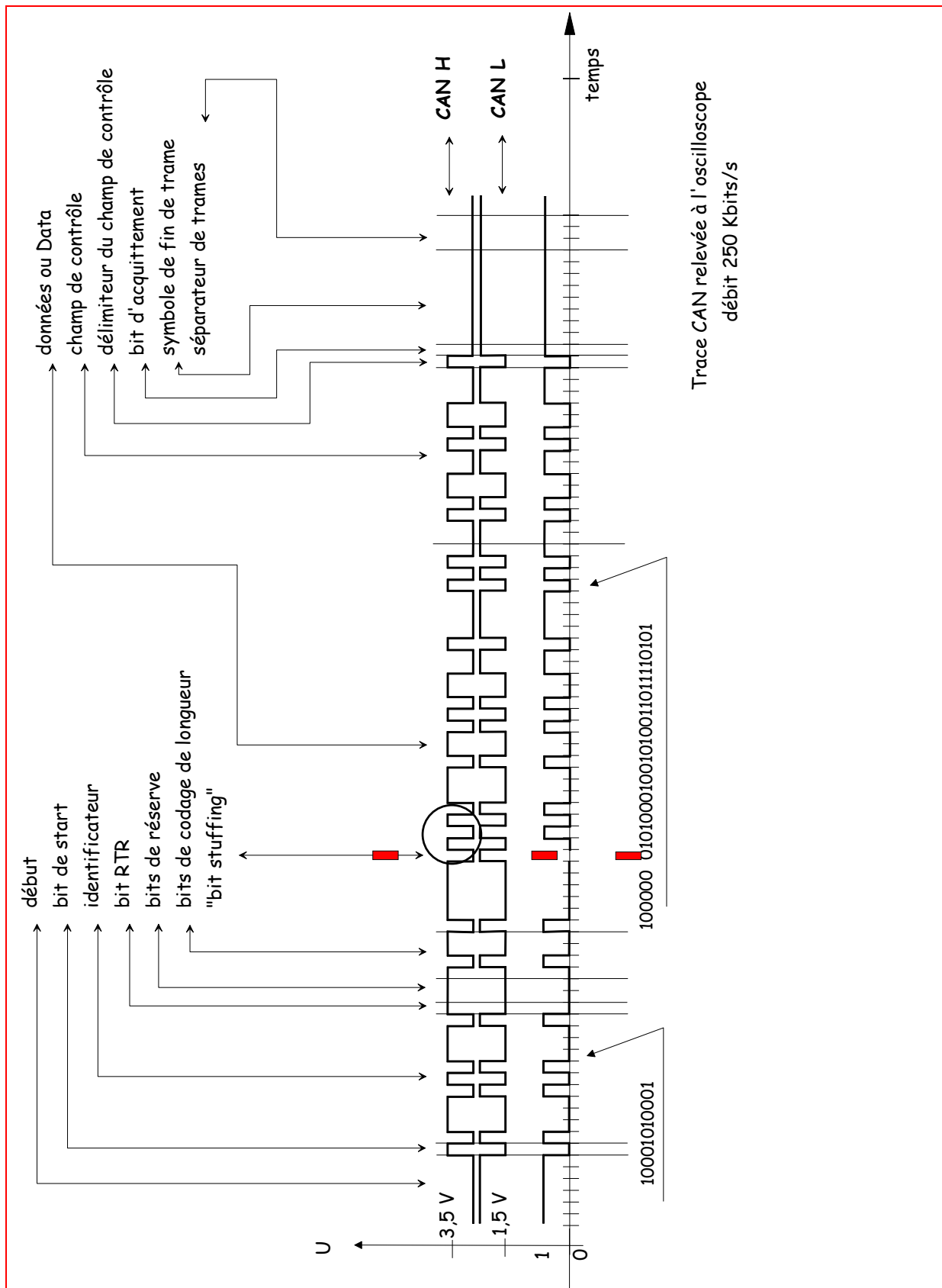
Nota : On peut signaler que ce pilotage ne s'effectuera que :

- sans appui sur la pédale de frein ;
- sans demande de changement de sens ;
- sans changement de plage de vitesse ;
- sans variation d'état de la chaussée.

Le véhicule étant supposé à l'arrêt pendant cette variation de hauteur, seuls les deux premiers items peuvent intervenir sur le pilotage qu'effectuera le calculateur.

5- Diagnostic

Cette partie a pour but d'aborder le diagnostic en analysant une trame capturée sur le réseau multiplexée.



5-1 Étude d'une trame multiplexée

Pendant un essai routier, véhicule sur autoroute ($V = Cte = 130\text{km/h}$), la trame (page précédente) a été capturée à l'aide d'un oscilloscope. Nous avons la certitude qu'elle transporte des informations venant de la suspension. Afin de s'en assurer et de l'analyser plus précisément, on demande, en vous aidant des pages 11 à 15 du dossier technique :

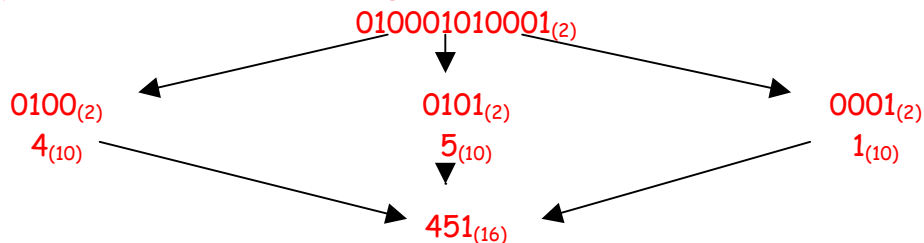
5-1.1 de déterminer, sur la trame elle-même, la valeur des bits la constituant;

5-1.2 de retrouver le code hexadécimal de l'identificateur afin d'authentifier l'émetteur, sachant que 3 cas sont possibles. Il peut s'agir d'une trame émise par :

- 111h → Trame version suspension ;
- 451h → Trame dynamique suspension ;
- 791h → Trame supervision suspension. justifiez par le calcul.

Le code binaire correspondant est composé de : « 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 ».

Ce code (pas d'émission de bit stuffing), on obtient alors « 0 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 1 » qui, donne :

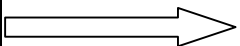


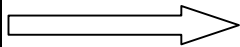
Le code binaire « 0 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 1 » → en base 16 → 451₍₁₆₎ ou &H451 ou 451h
 Cette valeur d'identificateur est celle de la trame dynamique de suspension.

5-1.3 de rechercher les données transportées dans la trame , en notant dans le tableau (case valeurs trouvées) la valeur que vous avez identifiée et en surlignant dans les données transportées celle qui lui correspond si l'on sait que :

Position du bit	valeur possible	Données transportées	Valeurs trouvées
1.7	0 ou 1	Lampe défaut correction hauteur éteinte = 0, allumée = 1	1
1.6	0 ou 1	Lampe défaut DAV éteinte = 0, allumée = 1	0
1.5	0 ou 1	État de la suspension 0 = normale, 1 = forcée	0
1.4	0 ou 1	État moteur du GEP 0 = à l'arrêt, 1 = en marche	0
1.3	00 à	État de la route (codée sur deux bits)	00
1.2	11	00 = très bonne (autoroute) à 11 = mauvaise (chemin)	
1.1	0 ou 1	La lampe défaut suspension est 0 = éteinte ou 1 = allumée	0
1.0	0 ou 1	lampe fonction suspension est 0 = éteinte ou 1 = allumée	1

2.7	00 à	Position de la suspension (codée sur 2 bits)	01
2.6	11	00 = B, 01 = N, 10 = P, 11 = H	
2.5	00 à	Position suspension quittée (codée sur 2 bits)	00
2.4	11	00 = B, 01 = N, 10 = P, 11 = H	
2.3	00 à	Position suspension refusée (codée sur 2 bits)	01
2.2	11	00 = B, 01 = N, 10 = P, 11 = H	
2.1	0	Non utilisé	0
2.0	0	Non utilisé	0

3.7	0 ou 1	 00000000 à 11111111 Hauteur de caisse avant 10100110	1
3.6	0 ou 1		0
3.5	0 ou 1		1
3.4	0 ou 1		0
3.3	0 ou 1		0
3.2	0 ou 1		1
3.1	0 ou 1		1
3.0	0 ou 1		0

4.7	0 ou 1	 00000000 à 11111111 Hauteur de caisse arrière	1
4.6	0 ou 1		1
4.5	0 ou 1		1
4.4	0 ou 1		1
4.3	0 ou 1		0
4.2	0 ou 1		1
4.1	0 ou 1		0
4.0	0 ou 1		1

5-1.4 synthèse

Énumérer la(es) information(s) importante(s) que vous constatez à la lecture des résultats que vous obtenez en rappelant que l'acquisition des signaux a été effectuée alors que le véhicule roulait sur autoroute (V = 130 km/h).

La lampe de défaut de correction de hauteur est allumée ;

La lampe de défaut de suspension est éteinte ;

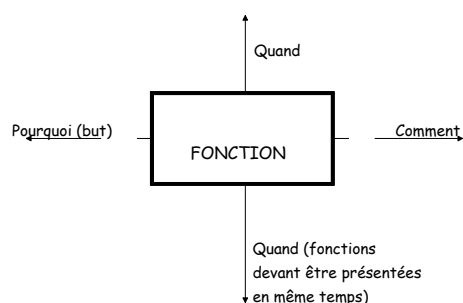
La lampe fonction suspension est allumée ;

Le moteur du BHI est arrêté ;

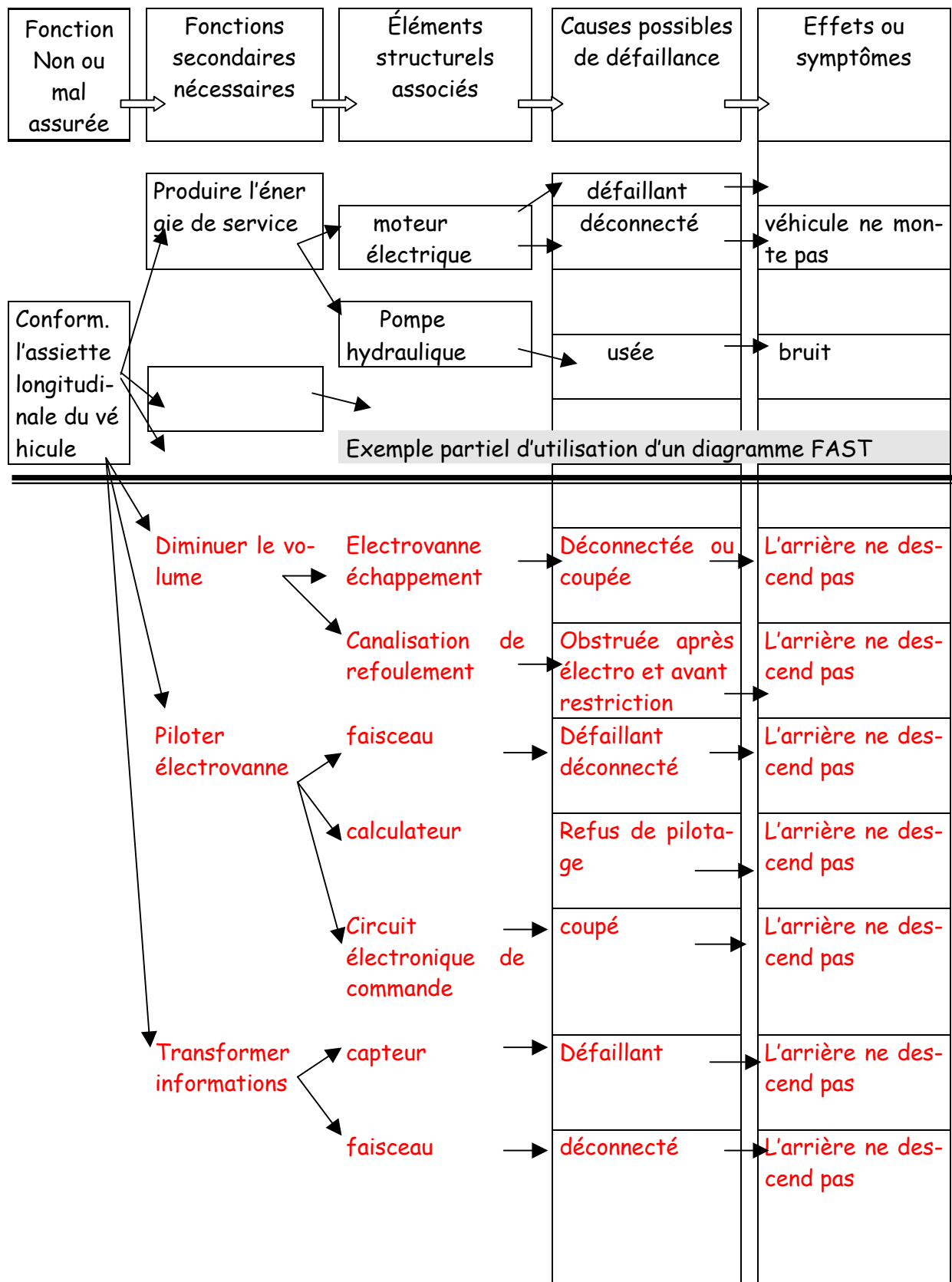
Le véhicule roule à 130 km/h.

5-1.5 hypothèses

En vous aidant de l'ébauche du diagramme FAST (outil d'analyse en maintenance) de la page suivante, on souhaite faire l'inventaire des causes possibles entraînant les effets constatés à la lecture de la trame multiplexée. On vous demande donc d'élaborer ce diagramme.



Principe de la lecture du diagramme FAST
(Function Analysis System Technic)



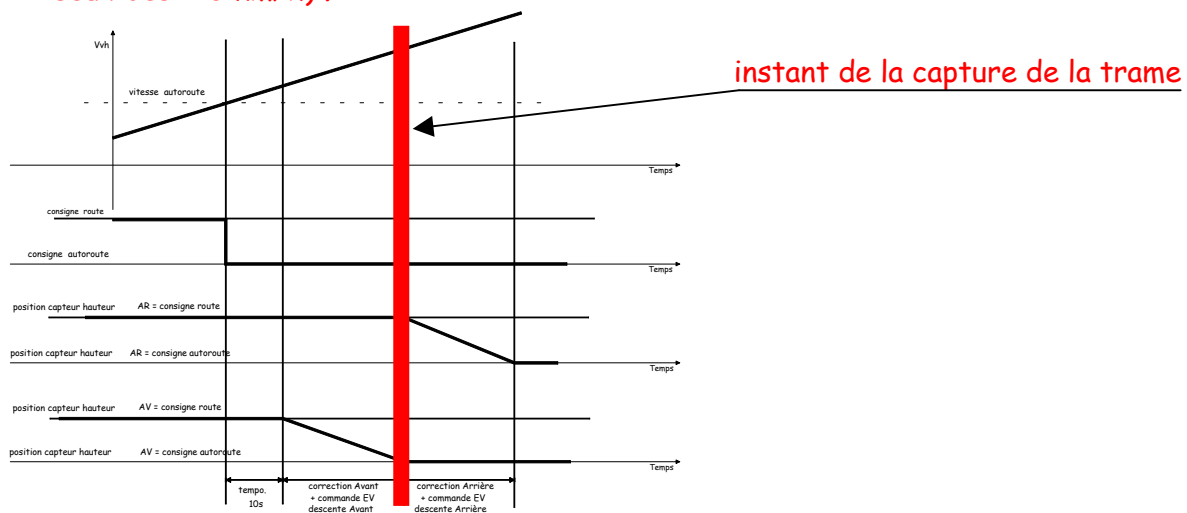
5-1.6 Diagnostic

De façon à affiner votre recherche, on vous propose de réaliser quelques tests rapides. Vous n'êtes pas en possession de l'outil de diagnostic constructeur. Quelles manipulations souhaiteriez-vous effectuer et pourquoi ?

L'assiette du véhicule plonge de l'avant, il peut s'agir de :

- l'avant est trop bas (ce qui n'est pas le cas d'après les valeurs trouvées dans la trame) ;
- l'arrière est trop haut, le véhicule n'est pas passé de la position 'normale' à la position 'autoroute'.

- ✓ Le système est en état (malgré l'allumage du voyant) mais le cycle de mise à niveau bas n'est pas terminé par manque de temps (il s'est passé trop peu de temps après le seuil des 110 km/h) .



- vérifier que le temps après la capture soit suffisamment long.

- ✓ Le système est défaillant :

- Si l'électrovanne est en cause (échappement), lors de la prochaine demande de montée (autre que normale), l'assiette sera bien augmentée mais ne pourra plus être abaissée : ➔ manœuvrer la commande de hauteur pour vérifier si le véhicule monte puis descend ; poursuivre en vérifiant la continuité et la tension d'alimentation de cette électrovanne.
- Si le capteur émet une valeur incohérente, pour éviter une destruction, le calculateur va refuser le pilotage en hauteur de l'essieu : ➔ Vérifier le capteur visuellement, sa connectique, sa liberté de fonctionnement et sa fixation, puis tension d'alimentation et de sortie (voltmètre).
- Etc. ...