

Baccalauréat Sciences et Technologies Industrielles

Spécialité Génie Électronique

Session 2005

Étude des systèmes techniques industriels

Réglage de train roulant automobile

Baccalauréat Sciences et Technologies Industrielles

Spécialité Génie Électronique

Session 2005

Étude des systèmes techniques industriels

Réglage de train roulant automobile

Partie présentation

✓ Présentation du système et de l'objet technique : A1 à A5

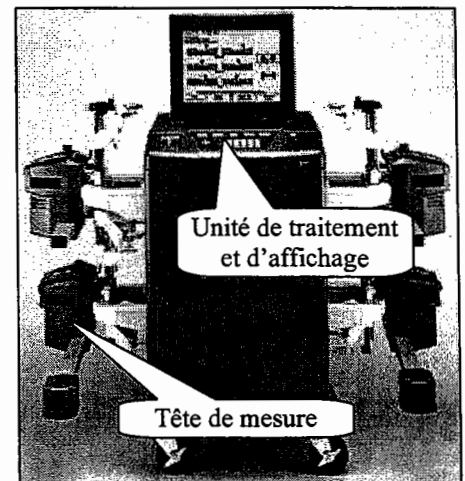
1 PRÉSENTATION DU SYSTÈME

1.1 Thèmes de l'étude

Le système étudié est un banc de mesure de la géométrie d'un véhicule automobile. Il permet de mesurer les principaux angles des trains roulants du véhicule et aide ainsi l'opérateur à régler parfaitement la géométrie pour un fonctionnement optimal de la voiture.

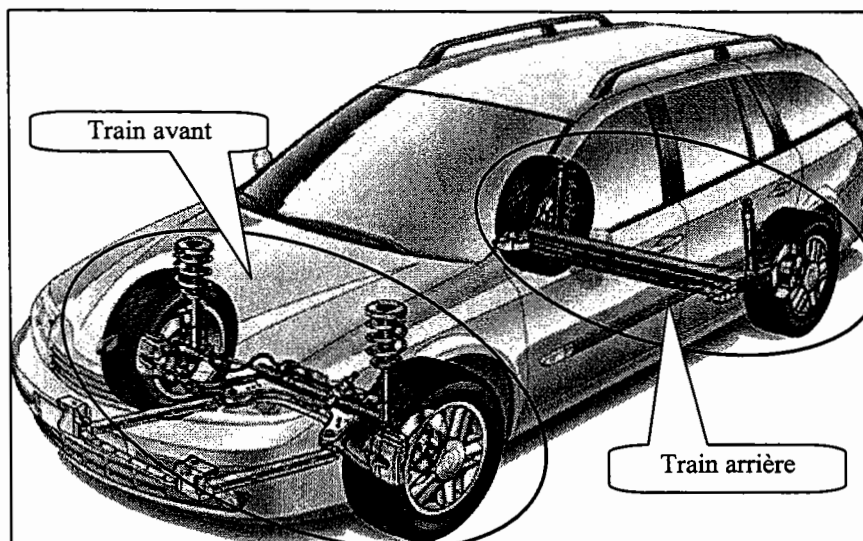
Le banc est composé de 4 têtes de mesure, d'une unité de contrôle et d'affichage et de différents accessoires, le tout étant intégré dans un meuble facilement déplaçable.

Chacune des têtes de mesure est destinée à être montée sur les quatre roues du véhicule à mesurer.



Les véhicules de tourisme possèdent 2 trains roulants (avant et arrière) qui permettent de guider les roues et les amortisseurs par rapport à la caisse, d'assurer le roulage optimal du pneumatique par rapport à la route, d'optimiser le contrôle de la direction (pour le train avant) et de transmettre la puissance du moteur aux roues.

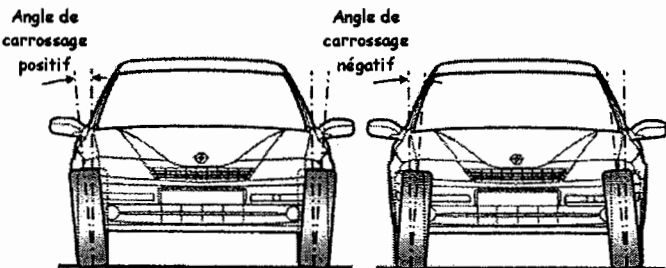
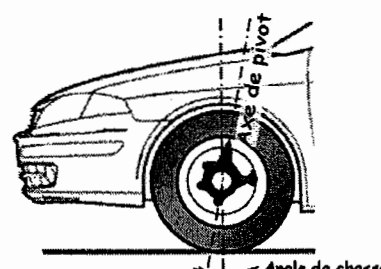
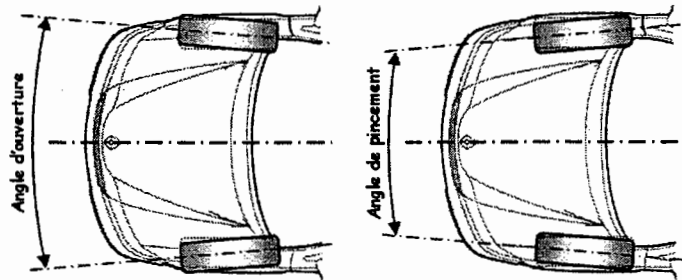
Sur la plupart des véhicules, la transmission de puissance est généralement intégrée uniquement au train avant (on parle de traction). Sur certains modèles, la transmission peut soit se faire uniquement par le train arrière (Propulsion), soit être répartie sur les 2 trains (4 roues motrices).



Un mauvais réglage des trains roulants peut donc être la cause d'une usure anormale des pneumatiques, des pièces mécaniques et d'une consommation excessive de carburant. Cela peut perturber le comportement routier et provoquer dans certains cas une perte de contrôle du véhicule par le conducteur.

Il est donc important de contrôler la géométrie suite à une réparation, suite au changement d'un des éléments du train (amortisseur, rotule, etc.) ou pour l'entretien du véhicule.

Les principaux paramètres d'un train roulant pouvant être réglés sont :

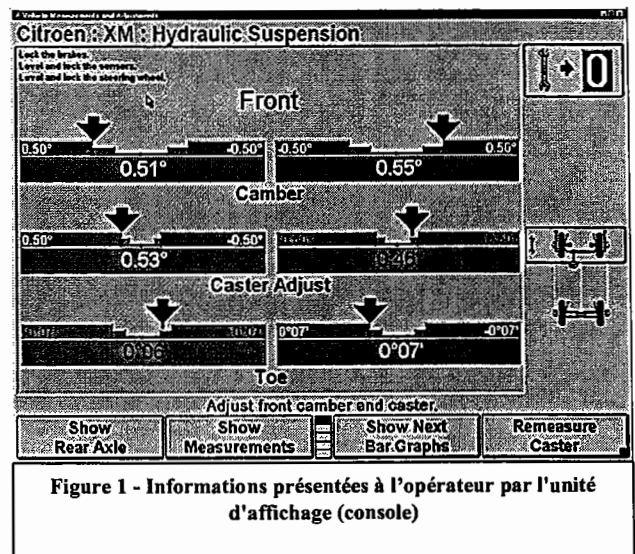
<p>Le Carrossage (<i>Camber</i> en anglais)</p> <p>C'est l'angle d'inclinaison de la roue par rapport à la verticale. Il permet de diminuer le déport des roues et facilite ainsi le braquage. Par contre un excès de carrossage peut induire une usure du bord du pneumatique.</p>	
<p>La Chasse (<i>Caster</i> en anglais)</p> <p>C'est l'angle d'inclinaison de l'axe de pivot par rapport à la verticale. Il participe à l'amélioration de la stabilité en ligne droite et aide au rappel des roues en fin de braquage. Par contre il augmente le roulis et durcit la direction lors du braquage.</p>	
<p>Le Parallélisme (<i>Toe</i> en anglais)</p> <p>C'est l'angle entre les deux roues d'un même train. Il est utile pour compenser le décalage qui peut survenir entre les 2 roues, lors de la prise de roulis du véhicule en virage</p>	

Les valeurs normales de ces paramètres dépendent de la marque et du modèle du véhicule.

L'image ci-contre montre l'affichage par le système des paramètres du train avant d'un véhicule en cours de réglage. On peut constater que chacun des 3 paramètres est affiché sous la forme d'un graphe (roue gauche à gauche).

On peut lire de chaque côté du graphe les valeurs extrêmes à ne pas dépasser et au centre la valeur mesurée.

Le réglage est terminé lorsque les 6 flèches sont au plus près du centre de leur graphe respectif. Les 6 graphes sont alors de couleur verte.



1.2 Composition du système de réglage de train roulant automobile

Le système permet le réglage du train roulant avant et arrière d'un véhicule automobile (MO = matière d'oeuvre). Il est composé d'objets techniques :

- ✓ 4 têtes de mesure (2 pour le train avant et 2 pour le train arrière) qui mesurent les paramètres géométriques de chaque roue
- ✓ Une unité de contrôle et d'affichage qui traite les informations des têtes de mesure afin de les présenter à l'opérateur (voir image page précédente).

Un opérateur qualifié coordonne l'ensemble des actions afin de remplir la fonction d'usage. Il s'agit donc d'un système mixte.

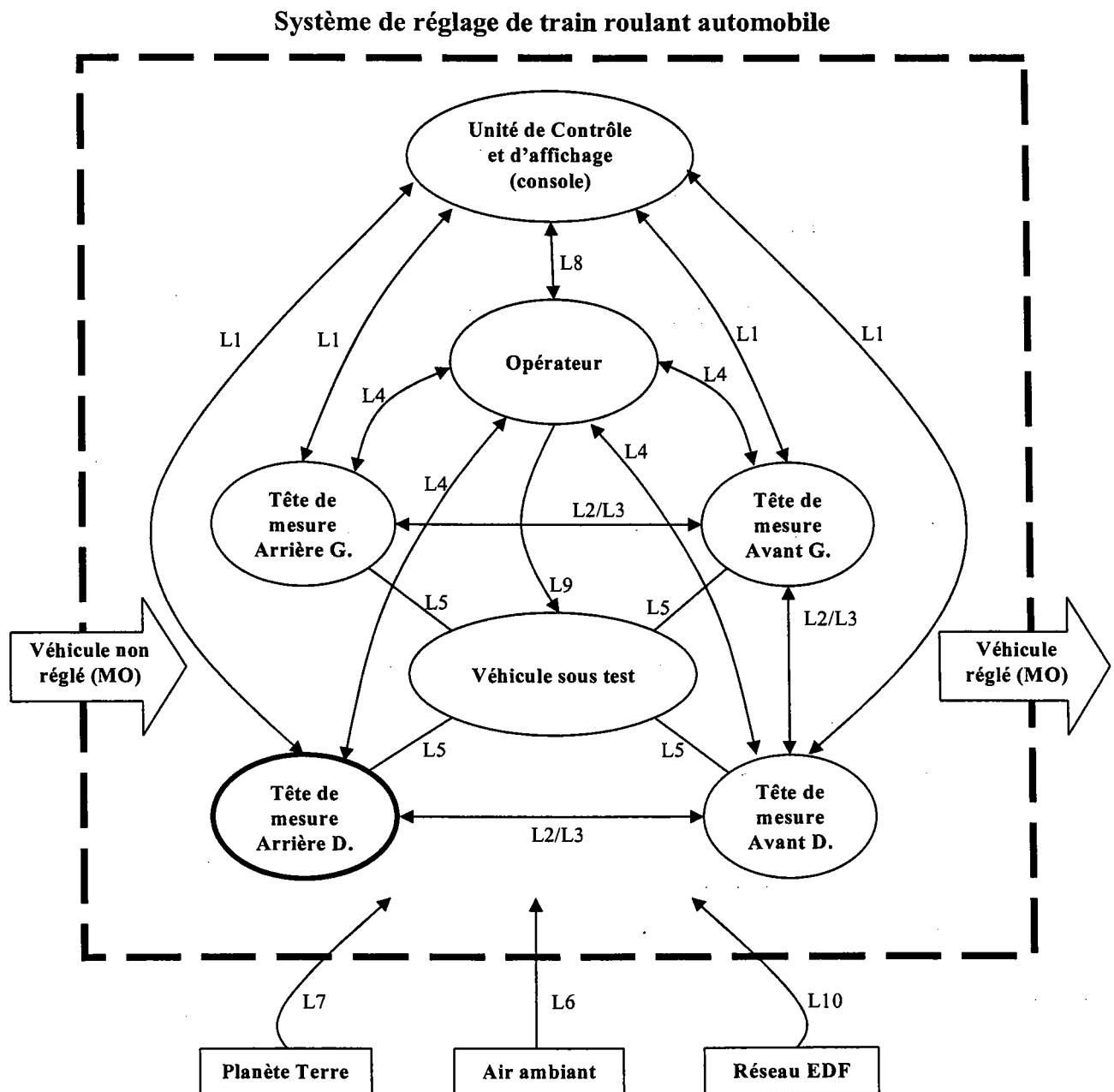


Figure 2 - Diagramme sagittal du système

1.3 Cas d'utilisation du système

1. L'opérateur met en place le véhicule non réglé sur le banc de mesure (L9). Il place une tête de mesure (L4) sur chaque roue du véhicule à l'aide d'un étrier (L5). L'opérateur s'assure que chaque tête est correctement placée et effectue éventuellement un dévoilage de la roue (L4). Il rentre la marque et le modèle du véhicule sur la console et donne l'ordre de mesure (L8).
2. La console envoie les ordres de mesure par l'intermédiaire de liaisons série au standard RS232 (L1) à chacune des têtes de mesure.
3. Chaque tête de mesure émet un rayon infrarouge (L3) d'intensité réglable. Ce rayon est reçu par une autre tête de mesure qui en mesure l'angle d'incidence (L2). Chaque tête mesure aussi son angle de niveau par rapport à l'horizontale (L7), son angle de carrossage par rapport à la verticale (L7) et la température ambiante (L6). Toutes ces informations sont envoyées à la console (L1).
4. La console présente le résultat de la mesure à l'opérateur (L8) : angles de chasse, de carrossage et de parallélisme. Pour chaque paramètre mesuré en dehors des spécifications du constructeur automobile, la console indique à l'opérateur les actions à entreprendre pour en effectuer la correction sous forme de photographie ou de plans légendés (L8).
5. L'opérateur effectue les actions correctives sur le véhicule (L9) jusqu'à ce que tous les paramètres soient dans leur plage normale. Le véhicule est alors réglé. L'opérateur peut démonter les têtes de mesure et retirer le véhicule du banc de mesure.

Le réseau EDF 230 V~/50 Hz alimente le système par la liaison L10.

2 PRÉSENTATION DE L'OBJET TECHNIQUE

2.1 Description

L'objet technique OT choisi comme sujet de l'étude est la tête de mesure arrière droite (entourée en gras sur le diagramme sagittal). Cette tête effectue la mesure :

1. de l'angle d'incidence du rayon infrarouge émis par la tête de mesure avant droite
2. de l'angle de niveau par rapport à l'horizontale
3. de l'angle de carrossage par rapport à la verticale
4. de la température ambiante
5. Elle transmet toutes ces informations par l'intermédiaire d'une liaison série au standard RS232 à la console qui lui donne les ordres de mesure.

La tête de mesure émet un rayon infrarouge de 4° d'angle en direction de la tête de mesure avant droite. L'intensité de ce rayon est réglable de façon à avoir une mesure optimale quelque soient les conditions d'éclairement (soleil, fumée, éclairage ...) et la distance entre les deux têtes de mesure.

2.2 Analyse fonctionnelle de premier degré

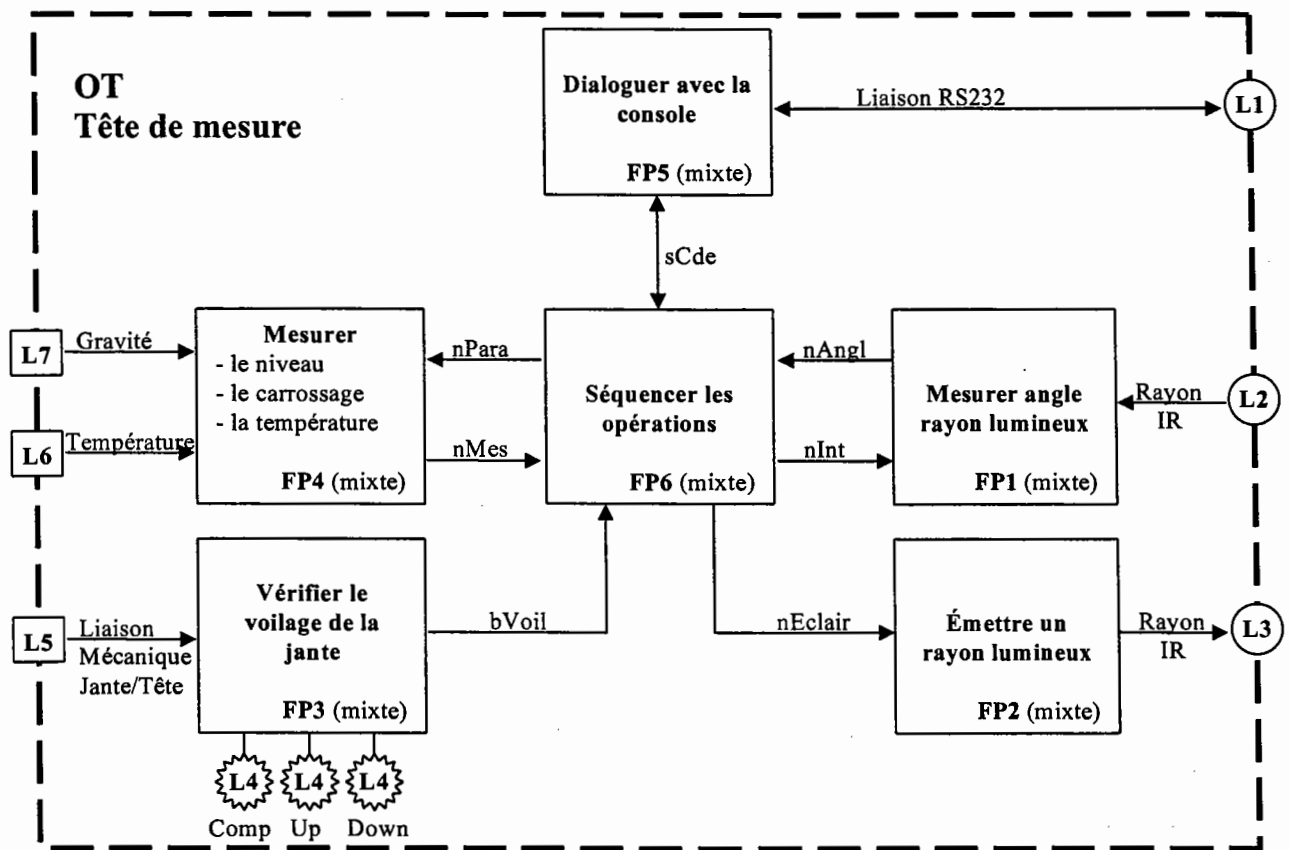


Figure 3 - Schéma fonctionnel de premier degré de la tête de mesure

La tête de mesure est composée de 6 fonctions principales « mixtes » constituées de composants électroniques et d'une partie de logique programmée associée à un sous-programme (fonction logicielle). Les liaisons externes (L..) à OT sont détaillées avec le diagramme sagittal. Les liaisons internes sont les suivantes :

Liaison	Nature	Description
nAngl	Variable entière 8 bits	Angle d'incidence du rayon infrarouge (0 à 63)
nInt	Variable entière 8 bits	Temps de mesure (intégration). Permet de régler la sensibilité du capteur (1 à 25)
nEclair	Variable entière 8 bits	Intensité lumineuse du rayon lumineux émis (0 à 15)
bVoil	Variable binaire	Indication du voilage de la jante de la roue. (0 = jante correcte)
nMes	Variable entière 16 bits	Valeur mesurée (niveau ou carrossage ou température ambiante)
nPara	Variable entière 8 bits	Paramètre à mesurer (1 = niveau, 2 = carrossage, 3 = température)
sCde	Variable structurée	Commande échangée avec la console. Constituée d'un entier qui indique le numéro de la commande (par exemple 0x41 = mesure d'angle) et d'une chaîne de caractère représentant le résultat ou le paramètre de la commande.

Baccalauréat Sciences et Technologies Industrielles

Spécialité Génie Électronique

Session 2005

Étude des systèmes techniques industriels

Réglage de train roulant automobile

Partie mécanique et construction

✓ Questions et documents réponses : BR1/10 à BR10/10

✓ Documents annexes : BAN1/5 à BAN5/5

Durées indicatives :

lecture du sujet 10 minutes

3.1 15 minutes

3.2 45 minutes

3.3 15 minutes

3.4 15 minutes

Étude des systèmes techniques industriels

Réglage de train roulant automobile

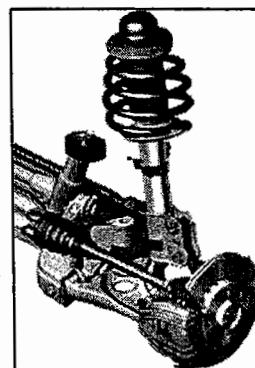
Partie mécanique et construction

Les documents réponses BR 2/10 à BR 10/10 sont à rendre à la fin de l'épreuve.

- 1_ Présentation d'un demi train avant de type MAC PHERSON.....BR1/10
- 2_ Problème poséBR2/10
- 3_ Travail demandé
 - 3.1_ Étude de la modélisation du demi train avant.....BR2/10
 - 3.2_ Étude de l'influence du poids de la voiture sur la hauteur du train avant
 - 3.2.1_ Détermination de l'effort du sol sur une des roues du train avantBR3/10
 - 3.2.2_ Détermination de l'effort sur la suspension BR4 et 5/10
 - 3.2.3_ Détermination du débattement du train avant (Calque) BR6 et 7/10
 - 3.3_ Étude de l'influence du débattement sur les angles de géométrie BR8 et 9/10
 - 3.4_ Représentation du support supérieur de fixation de l'amortisseur BR10/10

1 PRÉSENTATION D'UN DEMI TRAIN AVANT DE TYPE MAC PHERSON

Il existe de nombreux types de trains de véhicules, plus ou moins complexes et performants, qui sont conçus en fonction de la catégorie du véhicule et de son utilisation. Sur la plupart des véhicules de tourisme, les trains AVANT sont de type MAC PHERSON. Ce type de train est constitué d'un nombre limité de pièces et présente donc l'avantage d'un coût de fabrication plus faible.



Les demis trains de ce type sont constitués d'un TRIANGLE INFÉRIEUR 2 articulé avec le châssis 1 et avec le sous-ensemble PORTE MOYEU (S3 : composé du porte moyeu 3, du corps d'amortisseur 4 et de l'étrier de frein 5). Voir figure 1 (ci-dessous) et figure 2 du document annexe BAN 1/5.

Ce sous-ensemble S3 (PORTE MOYEU) sert à la fois :

- ✓ à guider en rotation le sous-ensemble ROUE (S4 : moyeu 6, disque de frein 7, jante 8 et pneumatique 9),
- ✓ il participe à l'amortissement avec la tige d'amortisseur 10, le ressort 12 et la barre anti-roulis 13,
- ✓ enfin il sert aussi de pivot de direction avec cette même tige 10 (Axe AC) qui est articulée à son extrémité (en A) au châssis grâce à la coupole 11.

La commande de direction est transmise, par l'intermédiaire du volant et de la colonne de direction (non représentés ici), à la barre de transmission 14 qui commande la crémaillère 15, laquelle transmet l'effort de commande du braquage au sous ensemble PORTE MOYEU par l'intermédiaire des biellettes de direction 16.

La puissance du moteur est transmise au moyeu 6 (et donc à la roue) par l'intermédiaire du cardan (non représenté ici).

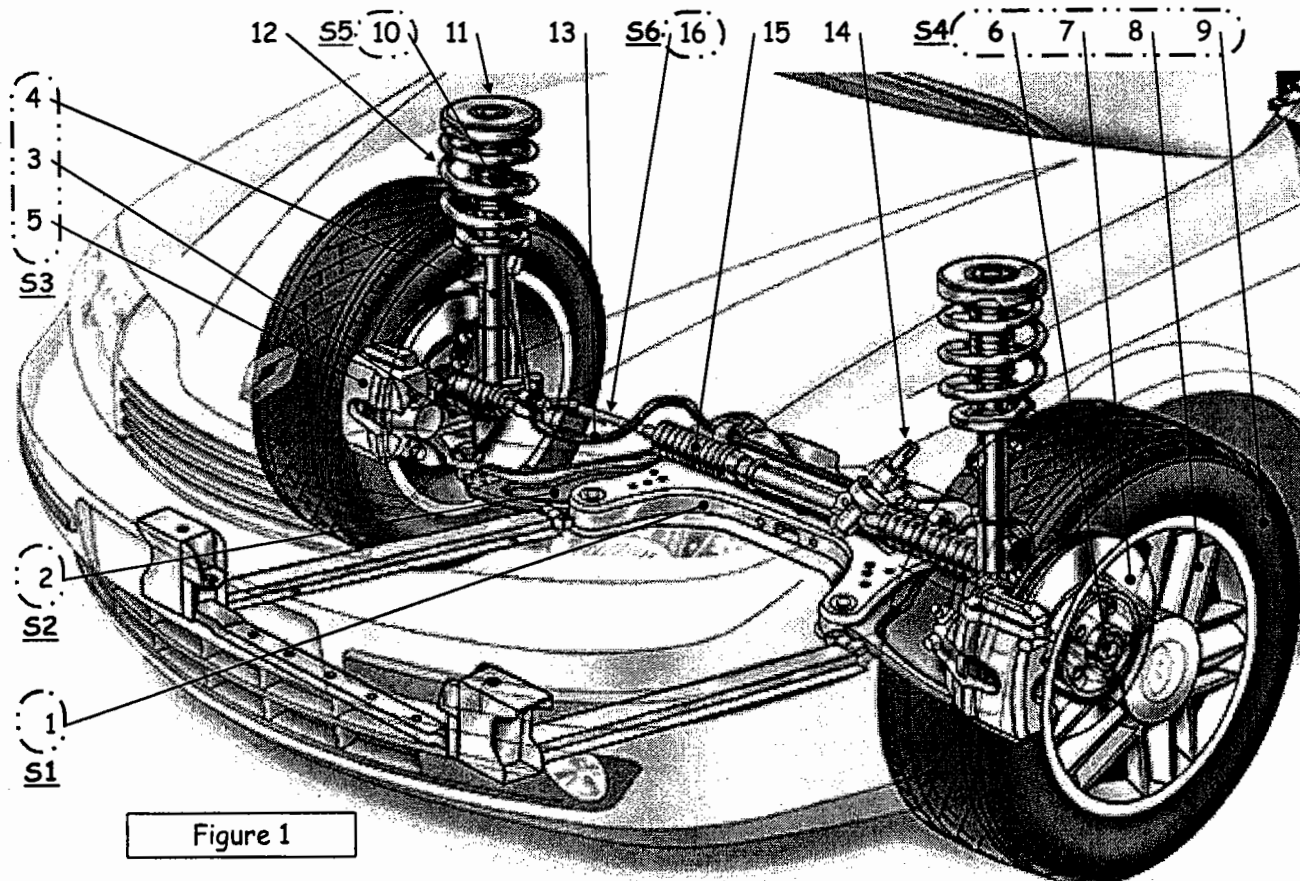


Figure 1

2 PROBLÈME POSÉ

Le banc de mesure permet de contrôler de façon très précise les principaux angles des trains roulants d'un véhicule. Les constructeurs automobiles imposent des réglages de trains, relatifs à une configuration de référence du véhicule (masse à vide, organes mécaniques neufs, gonflage des pneumatiques, etc.). Cependant, la configuration d'un véhicule nécessitant un réglage, peut être assez éloignée de la configuration de référence (masse différente, organes mécaniques usés, etc.). L'opérateur du banc de mesure devra donc s'assurer de la configuration exacte du véhicule qu'il doit contrôler.

Vous allez donc vérifier, dans cette étude, si une hauteur de caisse différente de celle de référence, peut avoir une influence importante sur les principaux angles du train avant du véhicule et ainsi fausser les mesures du banc et donc les réglages.

3 TRAVAIL DEMANDÉ

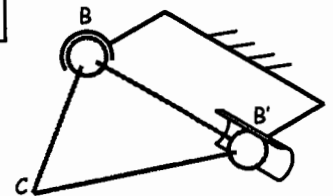
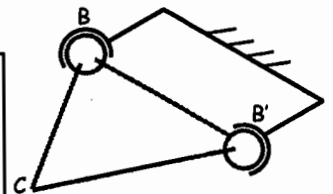
3.1 Étude de la modélisation du demi train avant

Q1. En vous aidant de la figure 2 du document annexe BAN 1/5, **compléter** le tableau suivant :

Centre de la liaison	Liaison entre... (Indiquer les sous-ensembles en contact)	Mobilités permises par la liaison	Nom de la liaison (préciser l'axe si c'est nécessaire)
B ou B'			
D			
E			

Q2. La composition des 2 liaisons en B et en B' forme une liaison élémentaire simple. **Déterminer** cette liaison et son axe.

Nom de la liaison composée par les 2 liaisons en B et en B'	Axe



Q3. Ce type de liaison simple est souvent réalisé par la composition d'une ROTULE et d'une LINÉAIRE ANNULAIRE ; **expliquer** l'avantage de cette solution par rapport à la solution utilisée dans ce ½ train avant.

3.2 Étude de l'influence du poids de la voiture sur la hauteur du train avant

Objectif de l'étude : Déterminer l'écrasement que subit le train avant, à l'arrêt, lorsque la voiture est en position 2 (en charge maximale), pour pouvoir vérifier l'incidence de cet écrasement sur les différents paramètres de la géométrie.

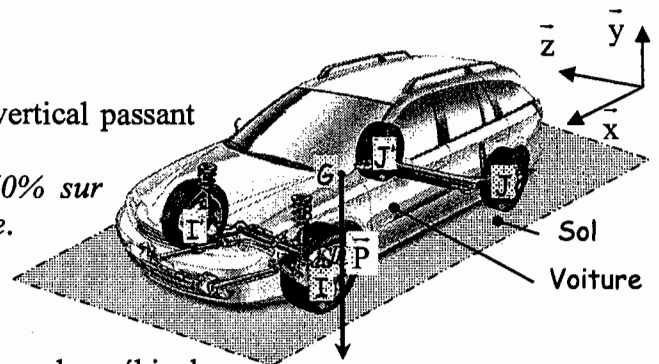
Les constructeurs automobiles conçoivent leurs véhicules pour une certaine capacité de chargement. Le tableau ci-dessous indique les principales masses caractéristiques ainsi que leur valeur numérique correspondant au véhicule que vous allez étudier.

		Exemple étudié
Masse à vide	C'est la masse de la voiture sans passager, sans bagages et le réservoir vide.	POSITION 1 $M_1 = 1350 \text{ Kg}$
Masse maximale autorisée	C'est la masse maximale à ne pas dépasser en roulant.	POSITION 2 $M_2 = 1935 \text{ Kg}$
Masse maximale remorquable freinée	C'est la masse maximale d'une remorque, possédant un système de freinage, que la voiture peut tracter	Pour information 1500 Kg
Masse maximale remorquable non freinée	C'est la masse maximale d'une remorque, ne possédant pas de système de freinage, que la voiture peut tracter	Pour information 650 Kg

3.2.1 Détermination de l'effort du sol sur une des roues du train avant

Hypothèses de départ :

- ✓ La voiture est à l'arrêt.
- ✓ La voiture possède un plan de symétrie vertical passant par G
- ✓ La masse de la voiture est répartie à 60% sur l'avant de la voiture et à 40% sur l'arrière.
- ✓ Le contact de chaque roue avec le sol peut être modélisé par un contact ponctuel.
- ✓ Pour cette étude on prendra la masse du véhicule **maximale autorisée**.
- ✓ L'accélération de la pesanteur est considérée comme égale à 10 m/s^2



Q4. Déterminer l'intensité du poids \vec{P} du véhicule pour la position 2. (Vous détaillerez vos calculs)

Expression littérale	Application numérique
	$\|\vec{P}\| =$

Q5. En déduire l'intensité du poids supportée uniquement par le train avant pour cette position 2 notée $\|\vec{P}_{\text{train avant}}\|$ (expliquez succinctement vos calculs).

Q6. Déterminer les caractéristiques de la résultante du SOL sur UNE des 2 roues avant $\vec{I}_{\text{Sol} \rightarrow \text{Voiture}}$

Effort	Point d'application	Direction et sens	Intensité
$\vec{I}_{\text{Sol} \rightarrow \text{Voiture}}$			

3.2.2 Détermination de l'effort sur la suspension

L'étude se fera dans le plan de la VUE DE FACE (y, z) (voir figure 3 du document annexe BAN 2/5).


Données de l'étude :

- ✓ Le problème est considéré comme PLAN, toutes les liaisons sont dans le plan (y,z)
- ✓ Le poids de chaque sous-ensemble est négligé.
- ✓ Les actions mécaniques de la bielle de direction S6 (en F) et du cardan (en H) sur le porte moyeu S4 sont négligées (Véhicule à l'arrêt).
- ✓ Les liaisons sont considérées comme parfaites (sans frottements).
- ✓ On considère que le châssis S1 est fixe et que les autres pièces sont mobiles par rapport à celui-ci (Le SOL ainsi que les sous ensembles S2, S3, S4, S5 et S6).
- ✓ L'ensemble est en équilibre dans la position N°1.
- ✓ Pour cette étude on prendra l'intensité de la résultante du sol sur la roue égale à :

$$\left\| \vec{I}_{\text{Sol} \rightarrow \text{S4}} \right\| = 5800 \text{ N}$$

On isole le triangle inférieur seul (S2), le bilan des actions mécaniques extérieures est défini dans le tableau suivant :

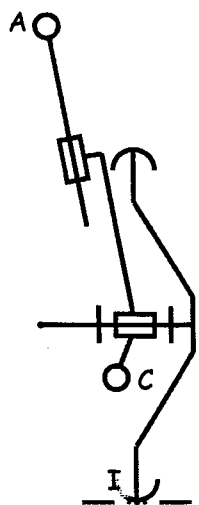
Effort	Point d'application	Direction et sens	Intensité
$\vec{B}_{\text{S1} \rightarrow \text{S2}}$	B	?	?
$\vec{C}_{\text{S3} \rightarrow \text{S2}}$	C	?	?



Q7. Déterminer la direction des actions en B et en C (Vous expliquerez votre démarche).

On isole l'ensemble {S3, S4, S5}, le bilan des actions mécaniques extérieures est défini dans le tableau suivant :

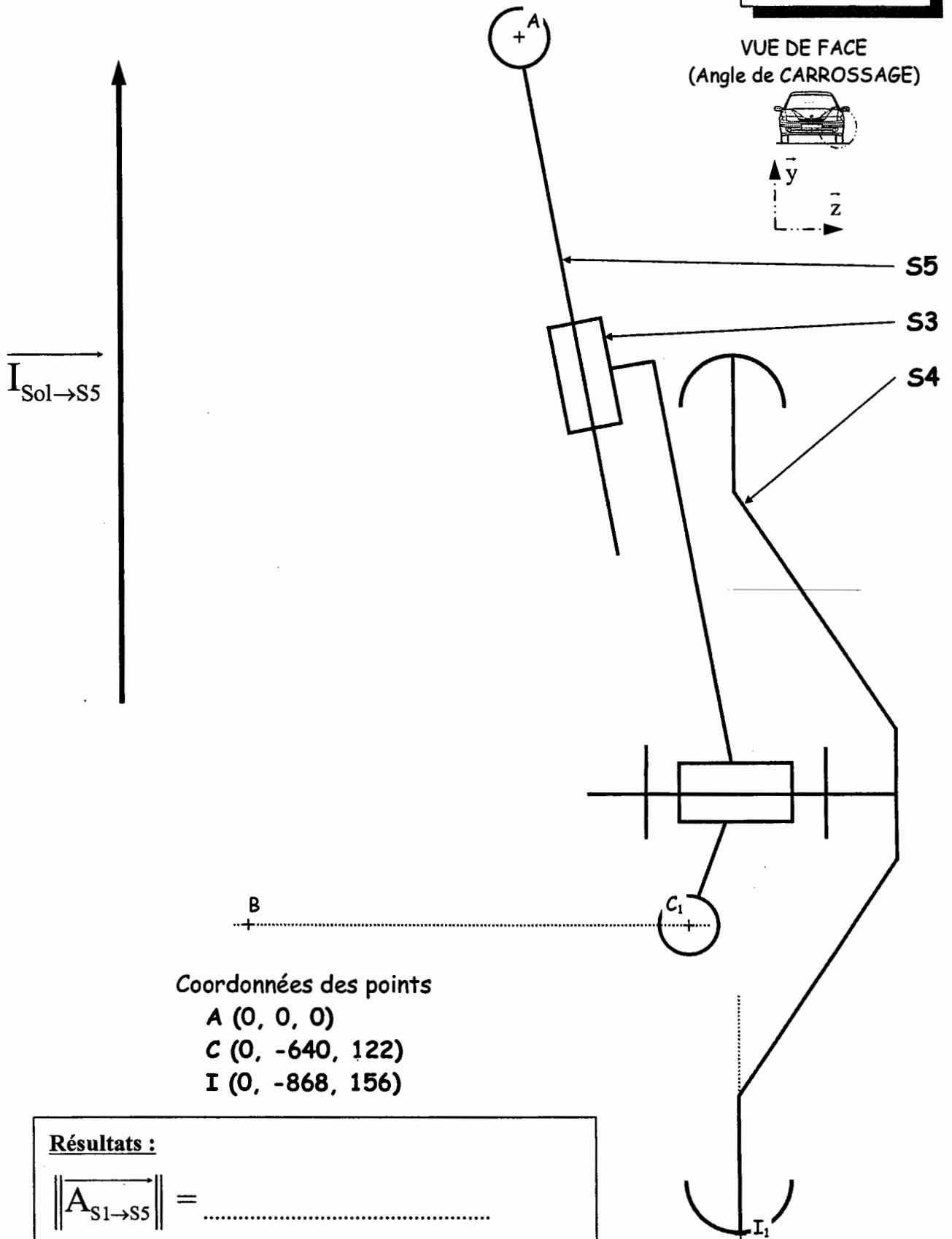
Effort	Point d'application	Direction et sens	Intensité
$\vec{I}_{\text{Sol} \rightarrow \text{S5}}$	I	Droite verticale (I, y) Vers le haut (+ y)	5800 N
$\vec{C}_{\text{S2} \rightarrow \text{S3}}$	C	Trouvée précédemment	?
$\vec{A}_{\text{S1} \rightarrow \text{S5}}$	A	?	?



Q8. Déterminer (par la méthode de votre choix), les intensités des efforts en A et en C. (Répondre sur la figure 4 du document BR 5/10).

Échelle des efforts : 1mm =>50 N

Figure 4
Partie 3.2.2. Question 8



Coordonnées des points

A (0, 0, 0)

C (0, -640, 122)

I (0, -868, 156)

Résultats :

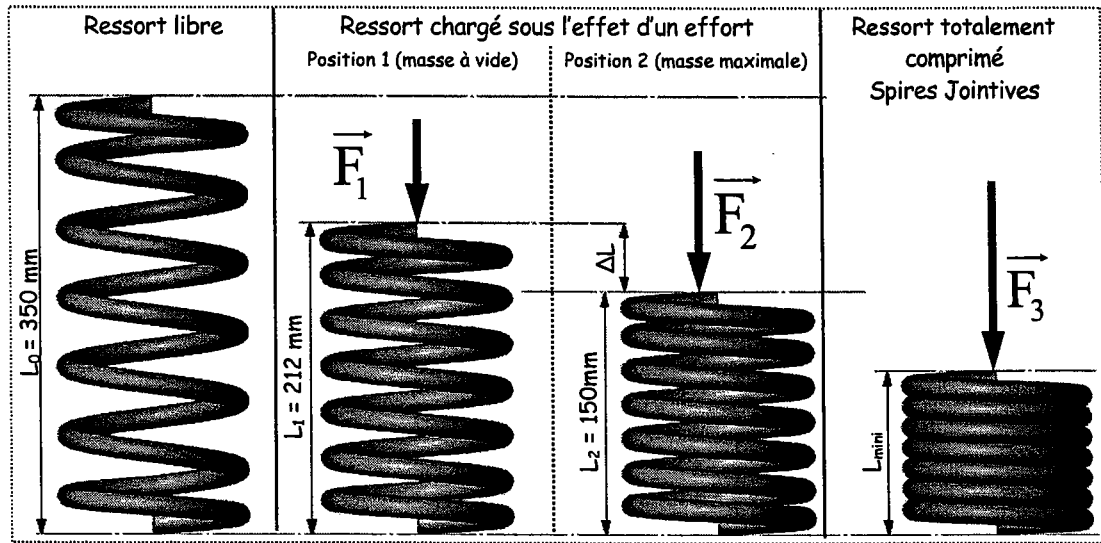
$$\| \overrightarrow{A_{S1 \rightarrow S5}} \| = \dots\dots\dots$$

$$\| \overrightarrow{C_{S2 \rightarrow S3}} \| = \dots\dots\dots$$

Les suspensions d'automobile sont composées d'un amortisseur et d'un ressort.

L'amortisseur permet de contrôler la vitesse de compression et de détente de la suspension. Lorsque le véhicule est à l'arrêt, l'effort de l'amortisseur est *négligeable* devant celui du ressort.

Le ressort, quant à lui, permet d'emmagasiner de l'énergie lorsqu'il est écrasé et la restitue si l'effort diminue (par exemple lorsque la roue passe dans un trou). La hauteur du ressort dépendra donc de la charge qu'il supporte.



L'étude du ressort a permis de définir un écrasement de la suspension : $\Delta L = 62 \text{ mm}$.

3.2.3 Détermination du débattement du train avant

Les tracés et les mesures seront effectués sur la figure 5 du document BR 7/10.

Q9. Déterminer les mouvements des sous-ensembles suivants :

Mvt S2/S1 :

Mvt S5/S1 :

Q10. En déduire et tracer la trajectoire T_{C_2} e s2/s1 :

Q11. Mesurer la longueur de la suspension AC_1 en position 1 ; **en déduire** la longueur AC_2 pour la position 2 (lorsque le véhicule est en charge maximale autorisée, ressort écrasé).

$AC_1 =$

$AC_2 =$

Q12. Tracer le point C_2 correspondant à la position 2 ainsi que l'axe de pivot (AC_2) pour cette position.

Q13. En vous aidant de la figure 6 du document annexe BAN 3/5, repérer la position du point I_2 ainsi que la position du SOL lorsque le véhicule est en position 2.

(Rappel : on considère que le châssis S1 est fixe et que les autres sous-ensembles sont en mouvement par rapport au châssis).

Q14. Coter la hauteur H_2 du train avant ainsi que le débattement $\Delta T = H_1 - H_2$ pour la position 2.

Q15. En déduire les valeurs numériques de la hauteur H_2 et du débattement ΔT .

Hauteur du train avant en position 2 (H_2) :

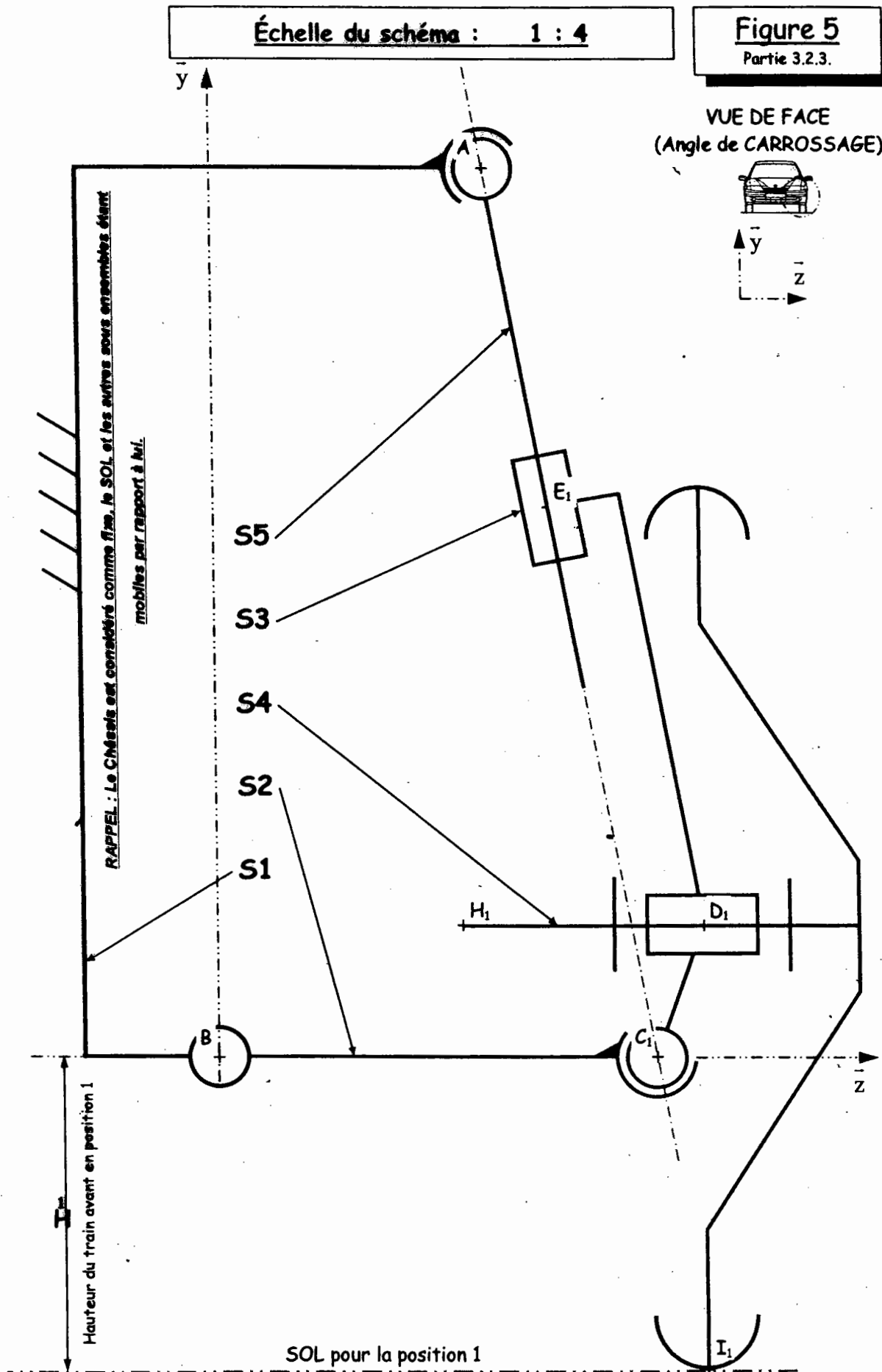
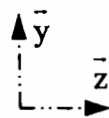
Débattement du train avant (ΔT) :

Échelle du schéma : 1 : 4

Figure 5

Partie 3.2.3.

VUE DE FACE
(Angle de CARROSSAGE)



3.3 Étude de l'influence du débattement sur les angles de géométrie

Objectif de l'étude : Déterminer l'influence du débattement du train avant sur les réglages de la géométrie.

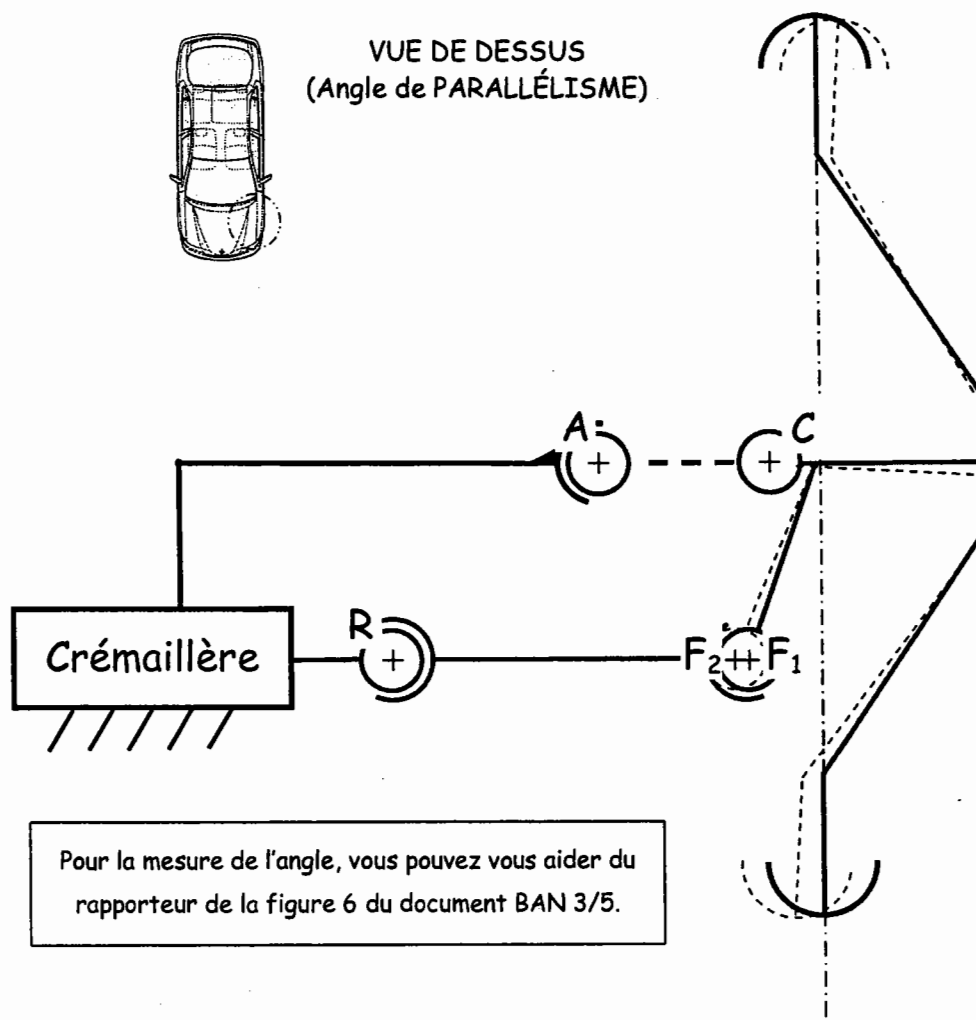
La figure 7 du document annexe BAN 4/5, montre le ½ train avant dans les 2 positions, la position 2 étant représentée en traits discontinus.

Cette figure 7 permet de voir apparaître les variations des 3 angles de la géométrie du ½ train avant.

	Angle de référence.	Variations des angles, entre la position 1 et la position 2.
CARROSSAGE	$0^{\circ}09' \pm 30''$	environ 1°
CHASSE	$3^{\circ}30' \pm 30''$	environ 4°
PARRALLÉLISME	$0^{\circ} \pm 10'$	? (à mesurer)

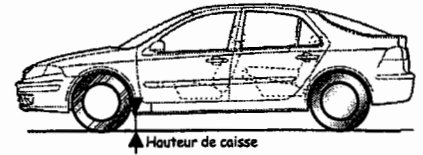
Q16. En vous aidant de la figure 7 du document annexe BAN 4/5, **tracer**, en couleur sur le schéma ci-dessous, les directions de la roue pour les 2 positions et **mesurer** (au degré près) l'angle entre ces 2 directions (cet angle correspond à la variation de PARALLÉLISME).

Variation de l'angle de PARALLÉLISME :



Le banc de mesure permet de vérifier les différents angles avec une précision de l'ordre de la minute d'angle (1' correspond à 1/60 de degré). L'opérateur devra donc régler la géométrie pour qu'elle respecte les tolérances des angles de références.

Vous venez de déterminer l'influence que peut avoir le chargement de la voiture sur la hauteur de caisse et donc sur les angles de la géométrie du train.

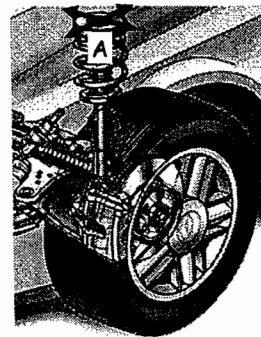


Q17. Pour un véhicule dont la configuration correspond à la position 2, indiquer si les réglages du train avant doivent réellement correspondre aux angles de référence (expliquez).

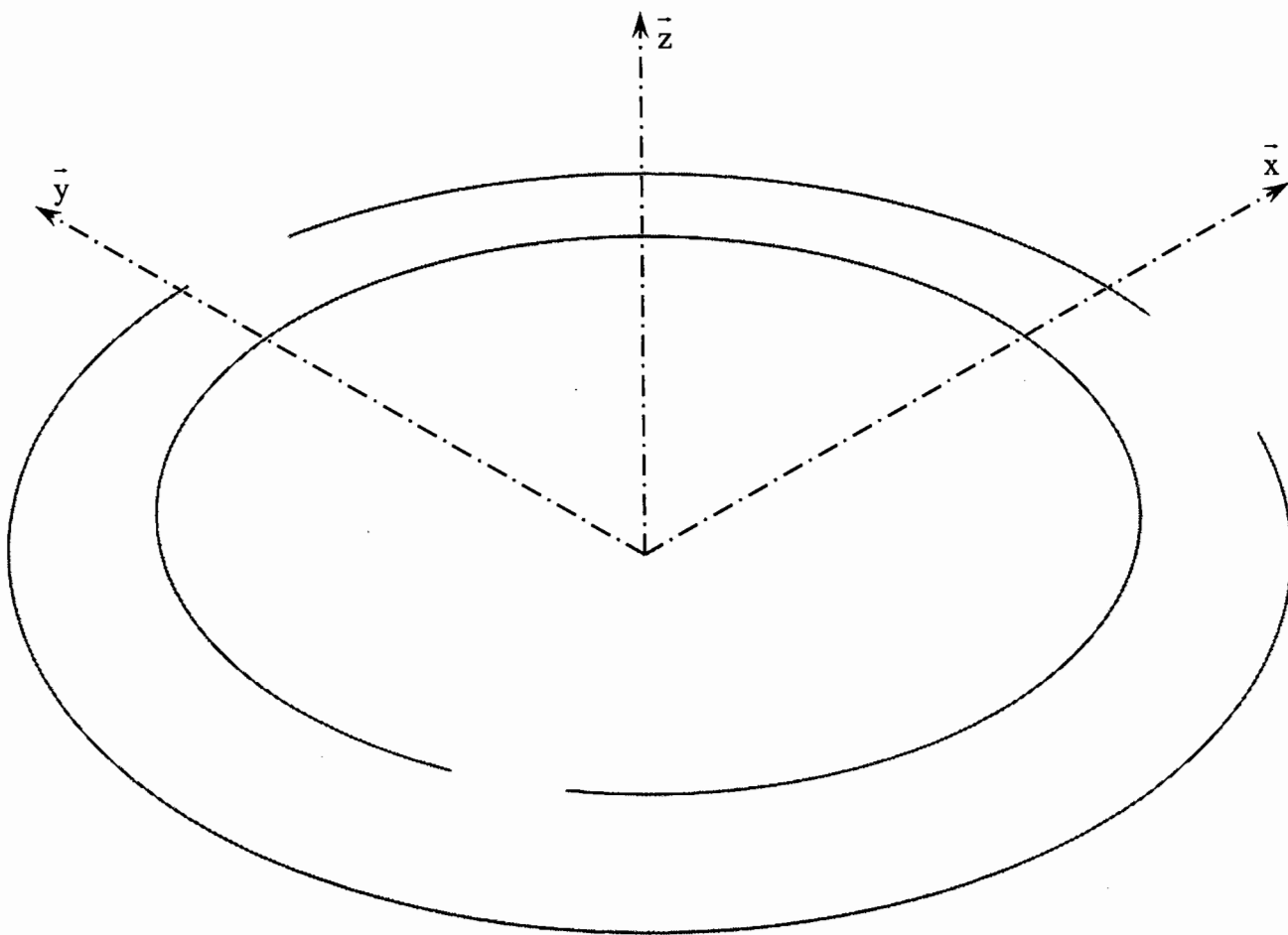
Q18. En déduire ce que doit donc faire l'opérateur avant de commencer les mesures et les réglages d'un véhicule.

3.4 Représentation du support supérieur de fixation de l'amortisseur

Dans certains trains avant de type MAC PHERSON, les réglages des angles de chasse et de carrossage s'effectuent en modifiant la position du centre A de la liaison entre la tige d'amortisseur **S5** et le châssis **S1**. Ce réglage s'effectue grâce à des trous oblongs réalisés sur le support supérieur de fixation de l'amortisseur.



Q19. À partir de la figure 8 du document annexe BAN 5/5, compléter, ci-dessous et dans le respect des FORMES et des PROPORTIONS, la perspective à main levée ébauchée du « support supérieur ».



Étude des systèmes techniques industriels

Réglage de train roulant automobile

Documents annexes

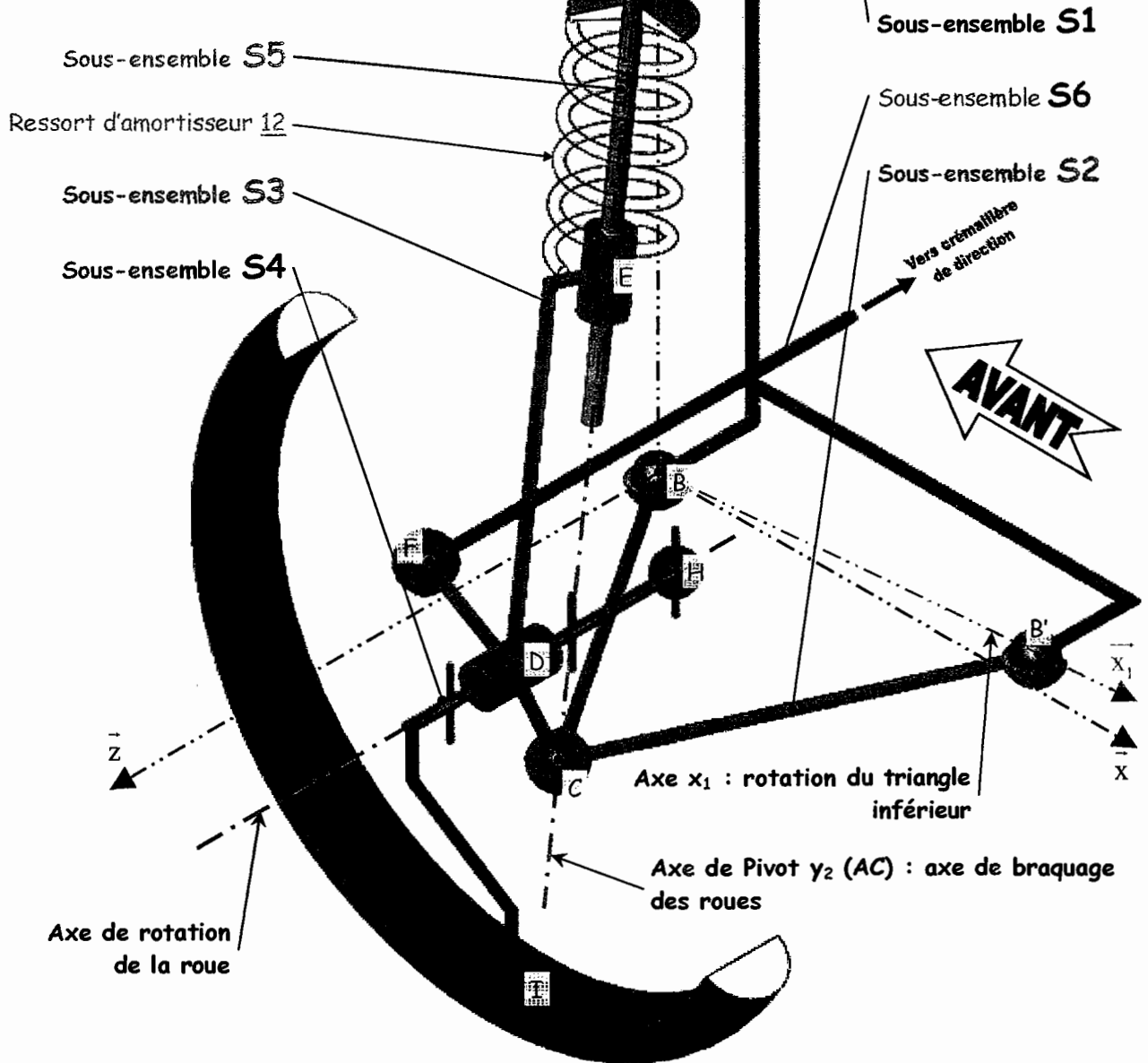
Figure 2 (Schéma cinématique en perspective d'un ½ train avant de type MAC PHERSON).....	BAN1/5
Figure 3 (Modélisation simplifiée du ½ train avant).....	BAN2/5
Figure 6 - Calque (aide pour le débattement du ½ train avant et rapporteur).....	BAN3/5
Figure 7 (Variations des angles de la géométrie).....	BAN4/5
Figure 8 (Mise en plan du support supérieur de fixation de l'amortisseur sur le châssis).....	BAN5/5

Schéma cinématique en perspective d'un ½ train avant de type MAC PHERSON

Figure 2

Partie 3.1.

- Sous-ensemble **S1** : {Châssis 1}
- Sous-ensemble **S2** : {Triangle inférieur 2}
- Sous-ensemble **S3** : {Porte moyeu 3, Corps d'amortisseur 4, Etrier de frein 5}
- Sous-ensemble **S4** : {Moyeu 6, Disque de frein 7, Jante 8, Pneu 9}
- Sous-ensemble **S5** : {Tige d'amortisseur 10}
- Sous-ensemble **S6** : {Biellette de direction 16}



Centres de liaisons :

- A : Centre de la liaison entre la tige d'amortisseur S5 et le châssis S1.
- B et B' : Centres des liaisons entre le triangle inférieur S2 et le châssis S1.
- C : Centre de la liaison entre le triangle inférieur S2 et porte moyeu S3.
- D : Centre de la liaison entre le porte moyeu S3 et le sous-ensemble ROUE S4.
- E : Centre de la liaison entre le porte moyeu S3 et la tige d'amortisseur S5.
- F : Centre de la rotule de direction (liaison entre porte moyeu S3 et la biellette de direction S6).
- H : Centre du joint de cardan permettant la transmission de la puissance du moteur au sous-ensemble ROUE S4 (par l'intermédiaire du cardan non représenté ici)
- I : Point de contact entre la roue et le sol.

Pour la suite de l'étude, la modélisation du 1/2 train avant se simplifie comme indiqué sur la figure suivante.

Figure 3

Partie 3.2.2.

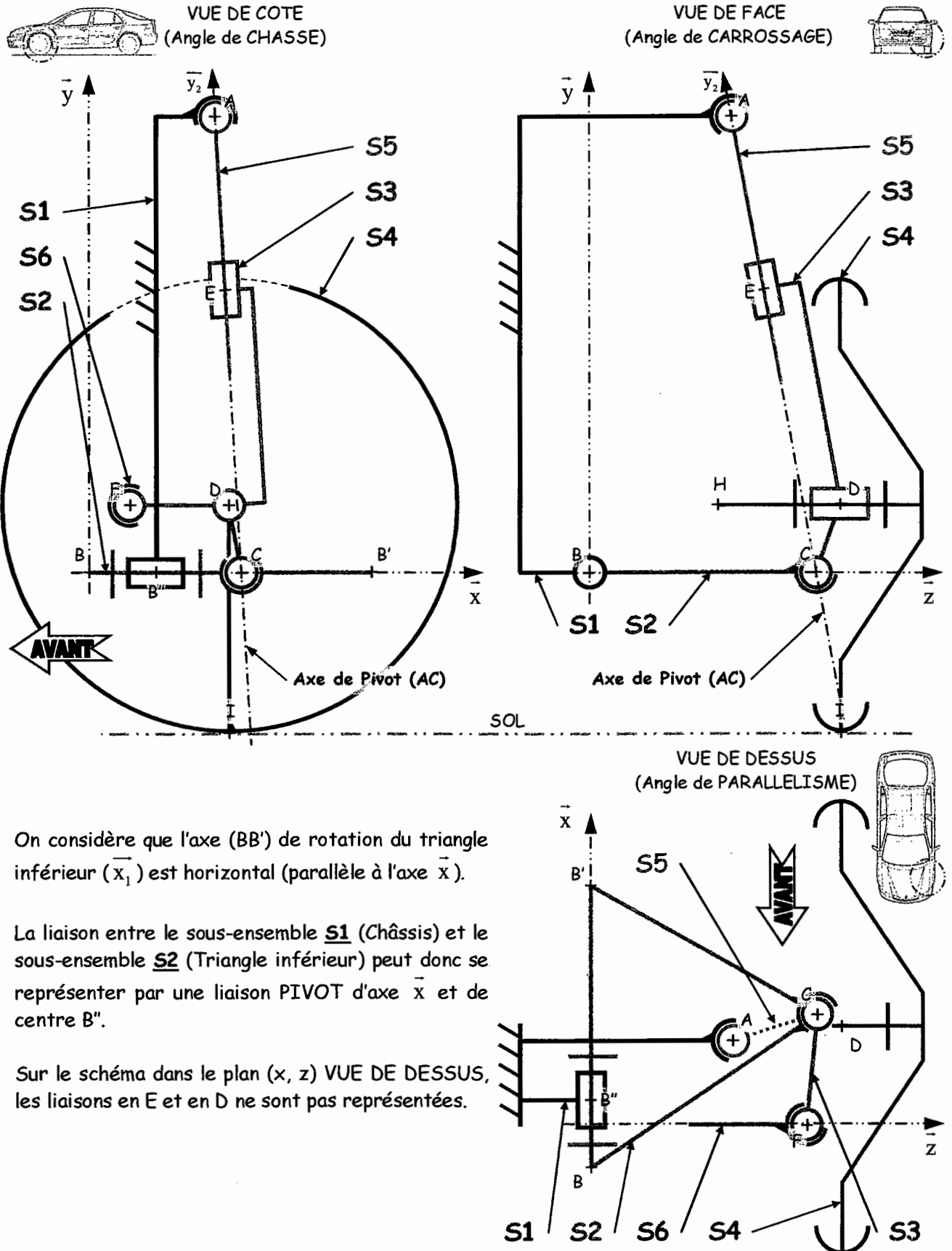
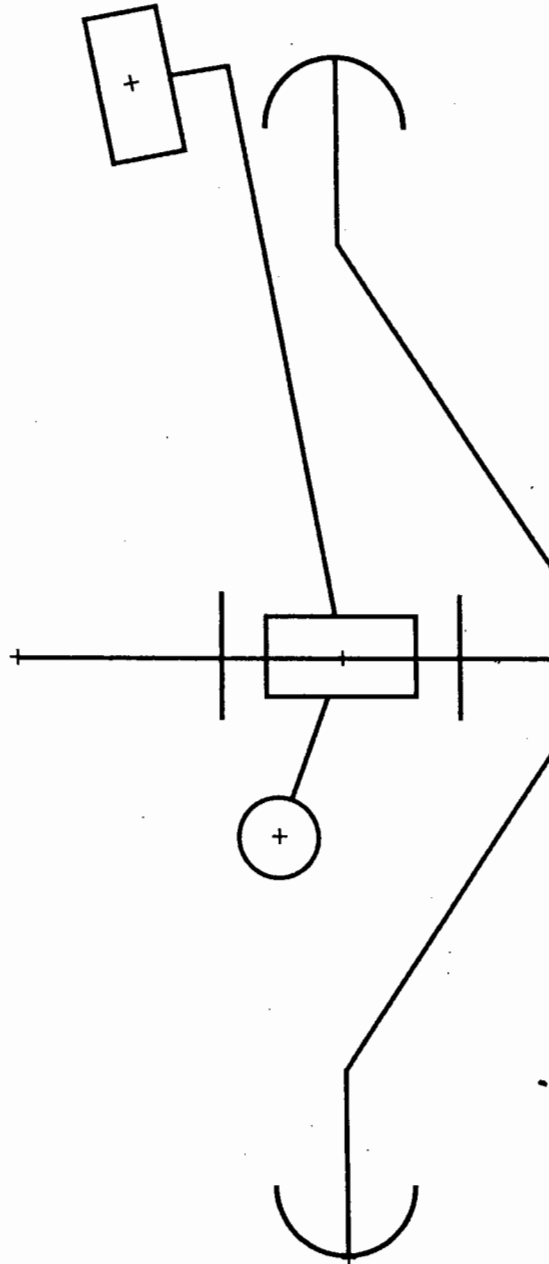
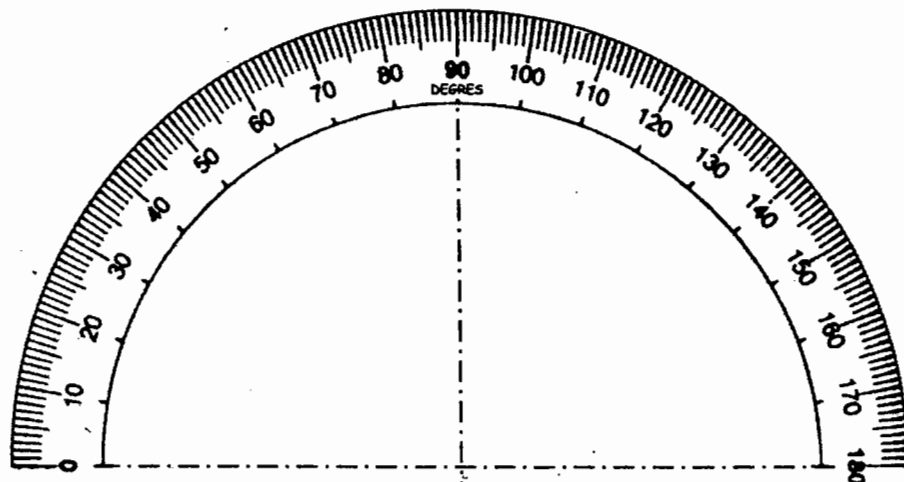


Figure 6

Partie 3.2.4.



Rapporteur

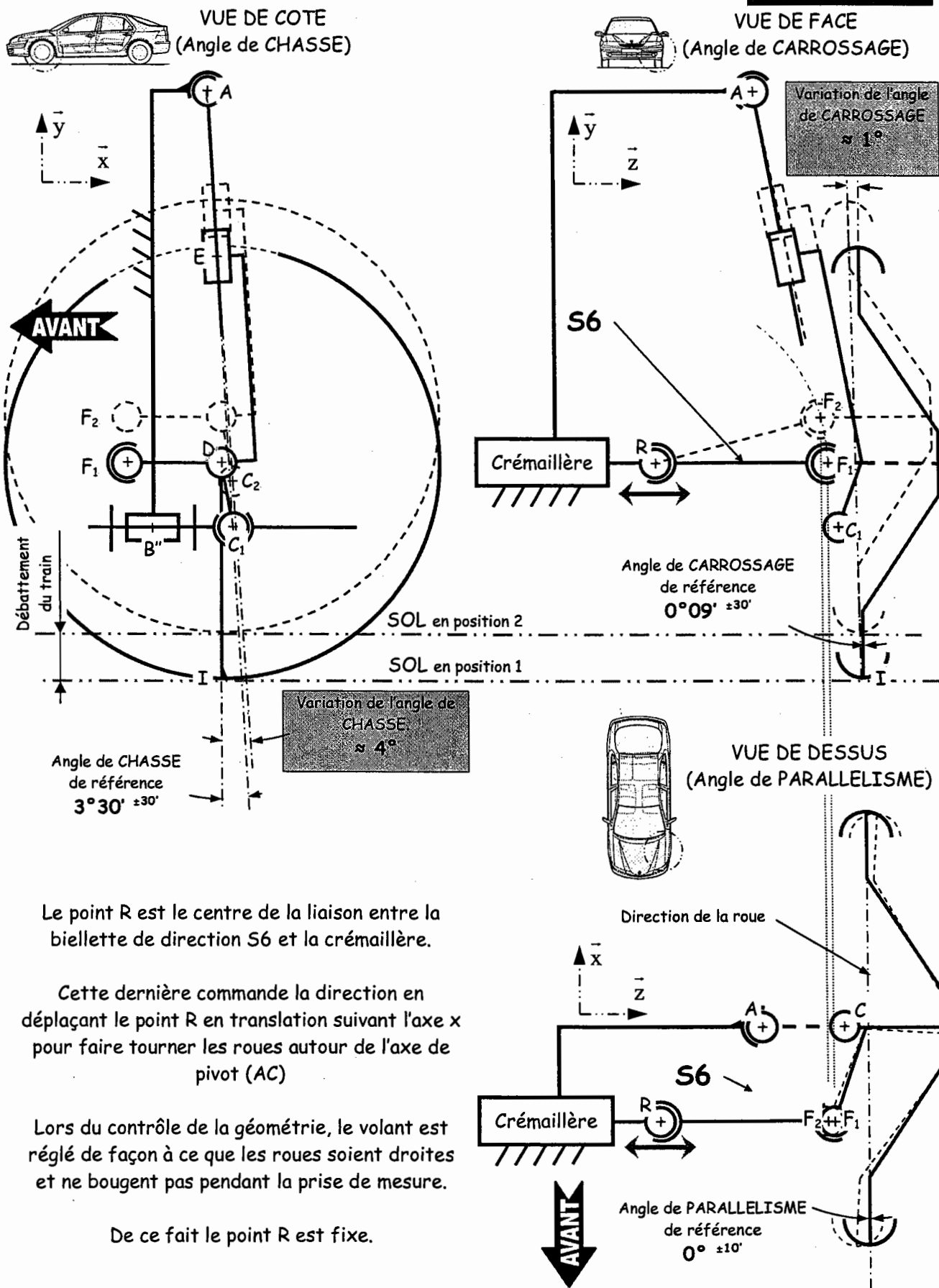


La figure ci-dessous représente le 1/2 train avant dans les 2 positions (La position 2 est représentée en traits discontinus). Cela fait apparaître les variations des différents angles entre les positions 1 et 2.

Echelle du schéma : 1 : 8

Figure 7

Partie 3.3.



Le point R est le centre de la liaison entre la biellette de direction S6 et la crémaillère.

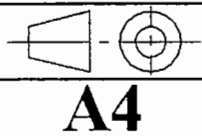
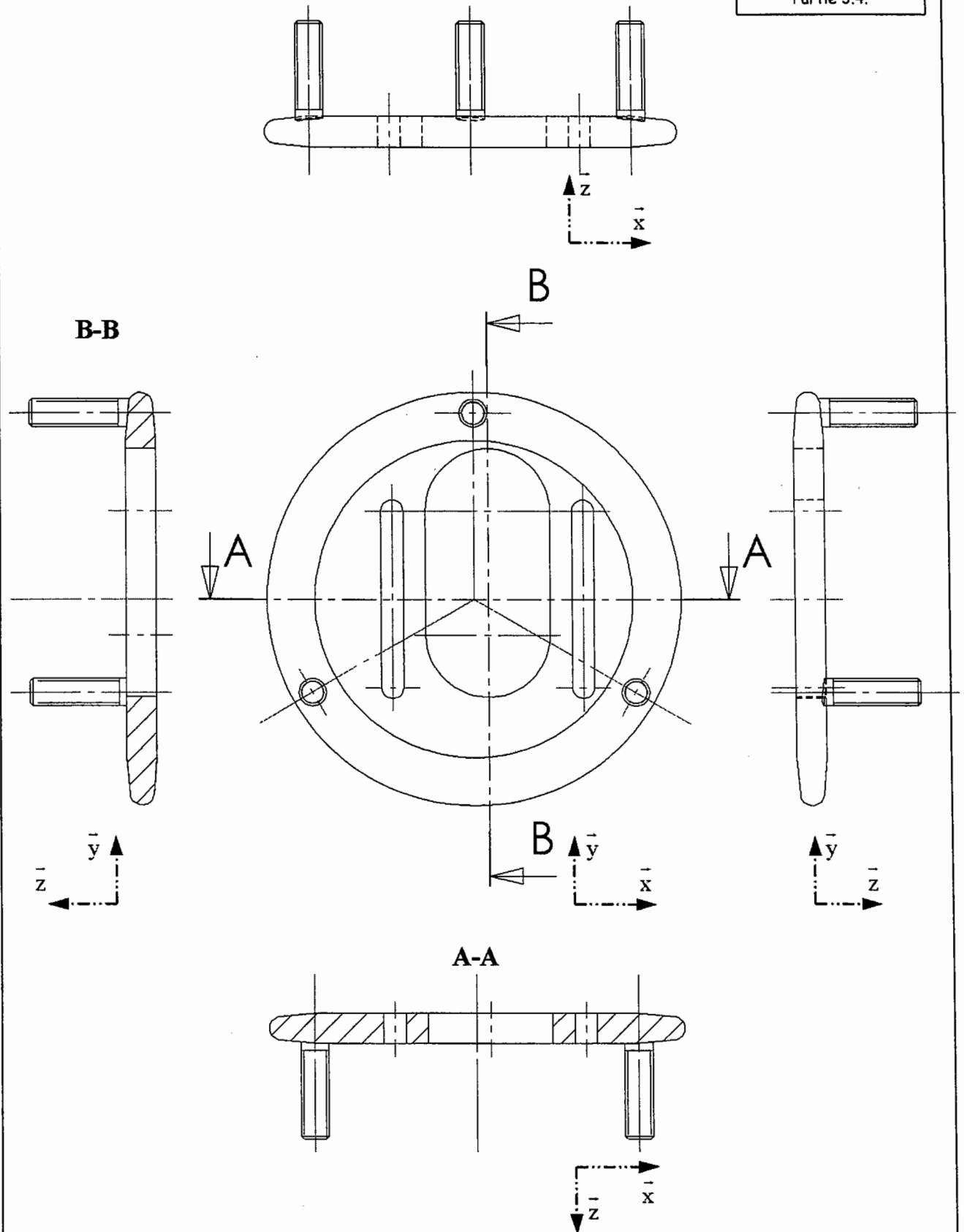
Cette dernière commande la direction en déplaçant le point R en translation suivant l'axe x pour faire tourner les roues autour de l'axe de pivot (AC)

Lors du contrôle de la géométrie, le volant est réglé de façon à ce que les roues soient droites et ne bougent pas pendant la prise de mesure.

De ce fait le point R est fixe.

Figure 8

Partie 3.4.



1/2 TRAIN AVANT Mc PHERSON

Support supérieur

Ech. 1:2

GB

Baccalauréat Sciences et Technologies Industrielles
Spécialité Génie Électronique
Session 2005

Étude des systèmes techniques industriels

Réglage de train roulant automobile

Partie Électronique

✓ Questions et documents réponses : C1 à C14 et CR1 à CR5

✓ Documents annexes : CAN1 à CAN10

Durées indicatives :

Lecture du sujet 20 minutes

Analyse fonctionnelle 15 minutes

FP3 45 minutes

FP2 40 minutes

FP1 40 minutes

FP4 50 minutes

FP5 50 minutes

1 ANALYSE FONCTIONNELLE

- Q1. Donner le nom et la nature (matière, énergie, information ...) de la matière d'oeuvre (MO) du système
- Q2. Énumérer les objets techniques constituant le système
- Q3. Décrire chaque liaison L1 à L10 du diagramme sagittal. Donner pour chacune sa nature (matière, énergie, information, action¹ ou assemblage²). Une liaison bidirectionnelle peut avoir des descriptions et des natures différentes
- Q4. Énoncer la fonction d'usage de la tête de mesure

2 ÉTUDE DE FP3 : « VÉRIFIER LE VOILAGE DE LA JANTE »

2.1 Cas d'utilisation

Avant d'effectuer le réglage du train roulant, l'opérateur doit fixer les quatre têtes de mesure sur les jantes des roues du véhicule. Chaque tête est fixée à sa jante par un étrier.

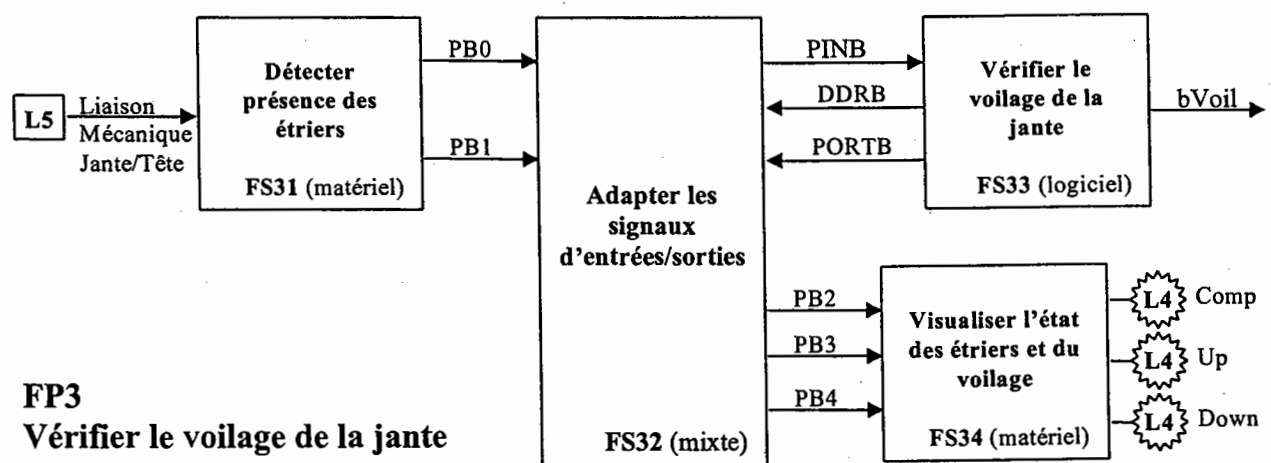
La vérification du voilage consiste à faire tourner la roue autour du capteur pour que ce dernier intègre sa position par rapport au plan de la jante (les deux plans doivent être parallèles).

L'opérateur fixe l'étrier de la tête de mesure sur la roue. La diode électroluminescente (DEL) **Comp** s'allume pour indiquer qu'il faut effectuer le dévoilage.

L'opérateur désolidarise alors l'ensemble roue-étrier d'avec la tête de mesure et fait tourner la roue jusqu'à que le DEL **Up** s'allume (**Down** éteint). Il fait ensuite tourner la roue de 180° vers la droite.

Si la DEL **Up** s'allume et **Down** s'éteint alors le dévoilage est correct. Si les deux DEL **Up** et **Down** sont éteintes alors le dévoilage est incorrect.

2.2 Schéma fonctionnel de 2^{ème} degré



¹ Action : association d'une force (énergie mécanique) et d'une information (exemple d'action : appuyer sur le bouton «START»)

² Assemblage : liaison mécanique entre deux éléments.

2.3 Étude de FS34

La fonction FS34 permet à l'opérateur de visualiser les informations nécessaires au processus de vérification du voilage de la roue. Elle est constituée de 3 diodes électroluminescentes commandées par des étages à transistors fonctionnant en commutation.

Les 3 structures autour de T1, T2 et T3 étant identiques, nous étudierons uniquement le montage de T1. Les signaux PB2 à PB4 sont des signaux logiques qui peuvent prendre deux valeurs 0 volt (0) ou 5 volts (1).

Q5. Donner l'état de T1 pour PB2 = 0 et PB2 = 1

On se propose de justifier que T1 est bien saturé. Les DEL D1 à D3 ont une tension directe V_F de 1,9 volts lorsqu'elles sont éclairées. Pour les calculs, on prendra les valeurs typiques de V_{CESAT} et V_{BESAT} pour $I_C = -100$ mA. En vous aidant de la documentation ci-dessous :

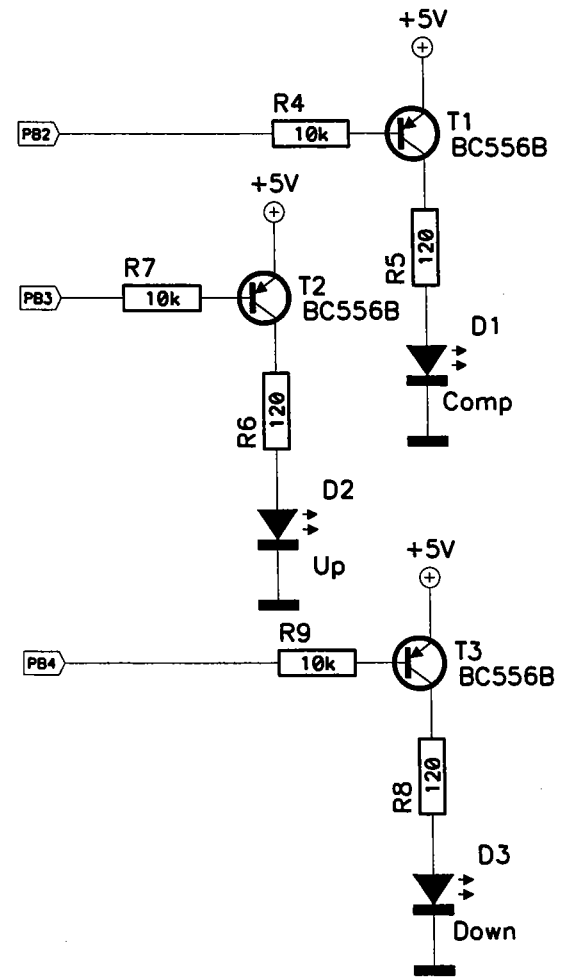
Q6. Expliquer pourquoi les valeurs de tensions V_{CESAT} et V_{BESAT} sont négatives

Q7. Calculer I_{CSAT}

Q8. En déduire la valeur de I_{BSAT}

Q9. Calculer I_B réel

Q10. Vérifier que T1 est bien saturé et si c'est le cas calculer le coefficient de sursaturation K.



SYMBOL	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
I_{CBO}	$I_E = 0; V_{CB} = -30$ V	-	-1	-15	nA
	$I_E = 0; V_{CB} = -30$ V; $T_j = 150$ °C	-	-	-4	μA
I_{EBO}	$I_C = 0; V_{EB} = -5$ V	-	-	-100	nA
h_{FE}	$I_C = -2$ mA; $V_{CE} = -5$ V;				
	BC556	125	-	475	
	BC557	125	-	800	
	BC556A	125	-	250	
	BC556B; BC557B	220	-	475	
BC557C	420	-	800		
V_{CEsat}	$I_C = -10$ mA; $I_B = -0.5$ mA	-	-60	-300	mV
	$I_C = -100$ mA; $I_B = -5$ mA	-	-180	-650	mV
V_{BESat}	$I_C = -10$ mA; $I_B = -0.5$ mA; note 1	-	-750	-	mV
	$I_C = -100$ mA; $I_B = -5$ mA; note 1	-	-930	-	mV
V_{BE}	$I_C = -2$ mA; $V_{CE} = -5$ V; note 2	-600	-650	-750	mV
	$I_C = -10$ mA; $V_{CE} = -5$ V; note 2	-	-	-820	mV
C_c	$I_E = I_e = 0; V_{CB} = -10$ V; $f = 1$ MHz	-	3	-	pF
C_e	$I_C = I_c = 0; V_{EB} = -0.5$ V; $f = 1$ MHz	-	10	-	pF
f_T	$I_C = -10$ mA; $V_{CE} = -5$ V; $f = 100$ MHz	100	-	-	MHz
F	$I_C = -200$ μA; $V_{CE} = -5$ V; $R_S = 2$ kΩ; $f = 1$ kHz; B = 200 Hz	-	2	10	dB

2.4 Étude de FS31

La fonction FS31 est constituée d'un étrier fixé sur la roue, d'une plaque solidaire de la tête de mesure et de deux capteurs optiques à fourche OPB360TNLP55 (appelé par la suite optocoupleur) dont vous trouverez la présentation en DOC1.

L'étrier et la plaque sont assemblés à l'aide d'une liaison pivot qui peut être bloquée ou débloquée par l'opérateur.

La tête de mesure étant verticale, elle est correctement fixée lorsque les plans des deux éléments, étrier et plaque, sont parallèles.

Dans la position « Up » l'optocoupleur U2 doit être occulté par l'étrier, dans la position « Down » c'est l'optocoupleur U1 qui doit être occulté par l'étrier.

Q11. Quel est l'état du phototransistor de l'optocoupleur lorsque ce dernier est occulté par l'étrier.

Q12. Donner dans ce dernier cas, la valeur de la tension de sortie de l'optocoupleur (PB0 ou PB1)

On souhaite que le courant I_F circulant dans les diodes électroluminescentes de U1 et U2 soit de 20 mA :

Q13. Calculer la valeur de R1 permettant de remplir ce cahier des charges

Q14. Choisir R1 dans la série E12
{ 10,12,15,18,22,27,33,39,47,56,68,82 }

Q15. Choisir sa puissance dissipée dans la liste ci-dessous :
{ ¼ W, ½ W, 1 W }

On souhaite que les phototransistors de U1 et U2 soient saturés lorsqu'ils ne sont pas occultés :

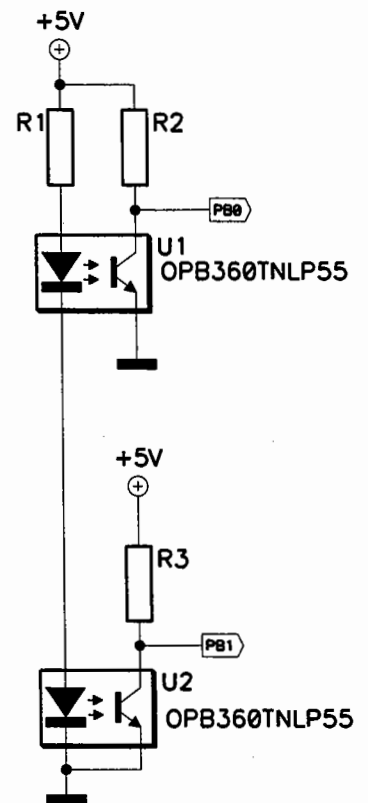
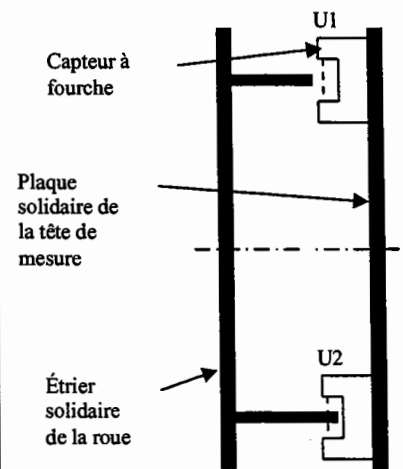
Q16. Relever le courant collecteur minimal circulant dans le phototransistor lorsqu'il est passant

Q17. Pour R2 (ou R3), nous disposons de 3 résistances ¼ W à couche métallique E24 de valeurs différentes : 300 Ω, 1 kΩ et 1,5 kΩ. Laquelle doit on utiliser ? (vous justifierez votre réponse).

2.4.1 Synthèse partielle de FS31

On définit l'état logique Haut (1) comme une tension supérieure à 2 volts et l'état logique Bas (0) comme une tension inférieure à 0,8 volt.

Q18. Donner les états logiques de PB0 et PB1 pour chacun des quatre cas présentés dans le document réponse DR1 (répondre directement sur le document réponse).



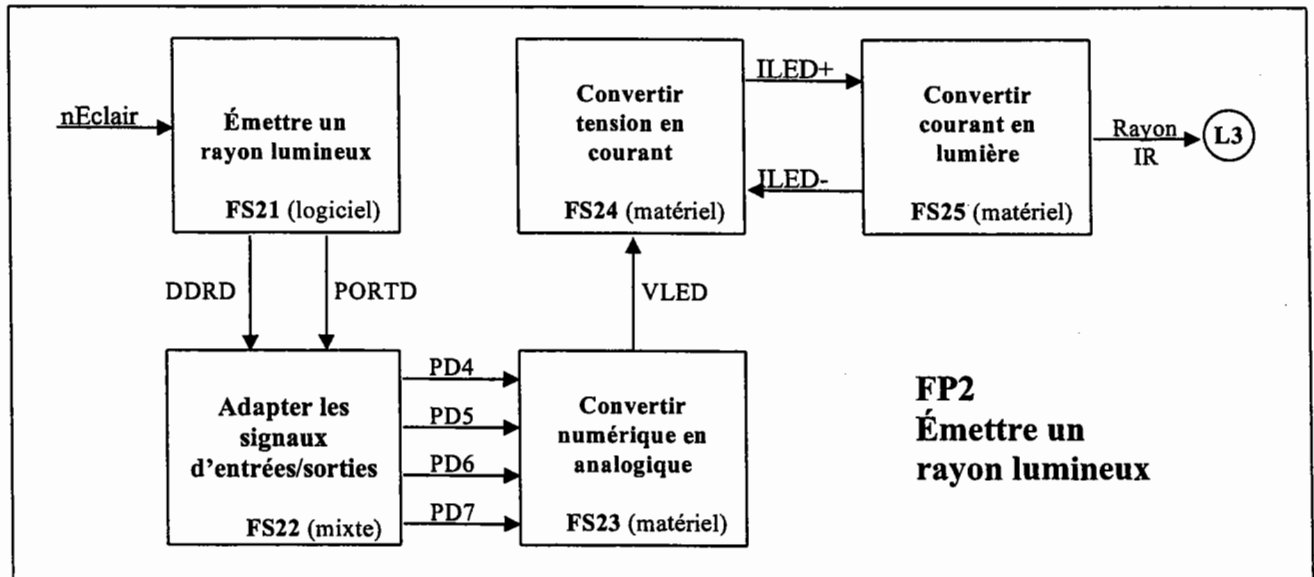
3 ÉTUDE DE FP2 : « ÉMETTRE UN RAYON LUMINEUX »

3.1 Principe de fonctionnement

Dès la mise sous tension, la tête de mesure génère un flux lumineux de 4° d'angle, pour une intensité lumineuse équivalente à la moitié de l'intensité maximale possible.

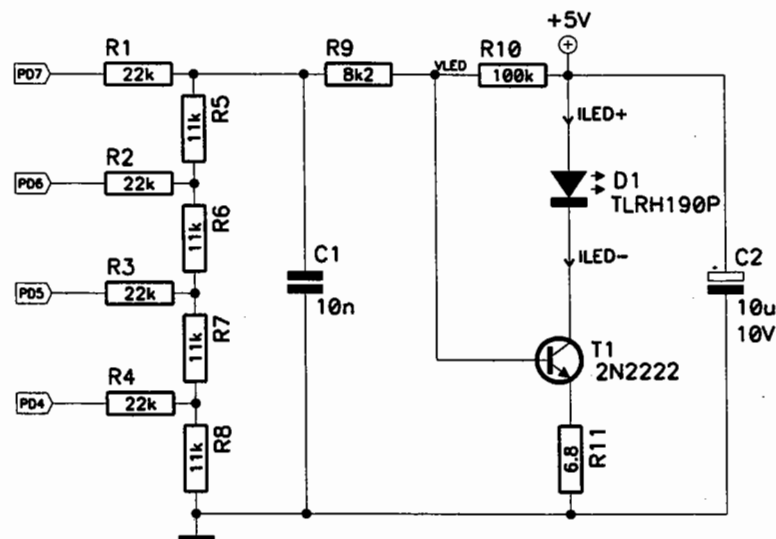
Si l'intensité du faisceau infrarouge est trop faible ou trop importante, la console (par FP5) ordonne à FP6 d'incrémenter ou de décrémenter la valeur de nEclair.

3.2 Schéma fonctionnel de 2^{ème} degré



- ✓ FS21 et FS22 génère le code binaire (PD4 PD5 PD6 PD7) correspondant à la valeur de nEclair.
- ✓ FS23 convertit ce code binaire (PD4 PD5 PD6 PD7) en une tension analogique V_{LED} . La conversion est réalisée à l'aide d'un convertisseur numérique analogique R-2R.
- ✓ FS24 convertit V_{LED} en un courant I_{LED+}
- ✓ FS25 pilote une LED à très haut rendement qui produit un faisceau lumineux très étroit. L'intensité du faisceau lumineux est liée à la valeur du courant I_{LED+} et donc à nEclair.

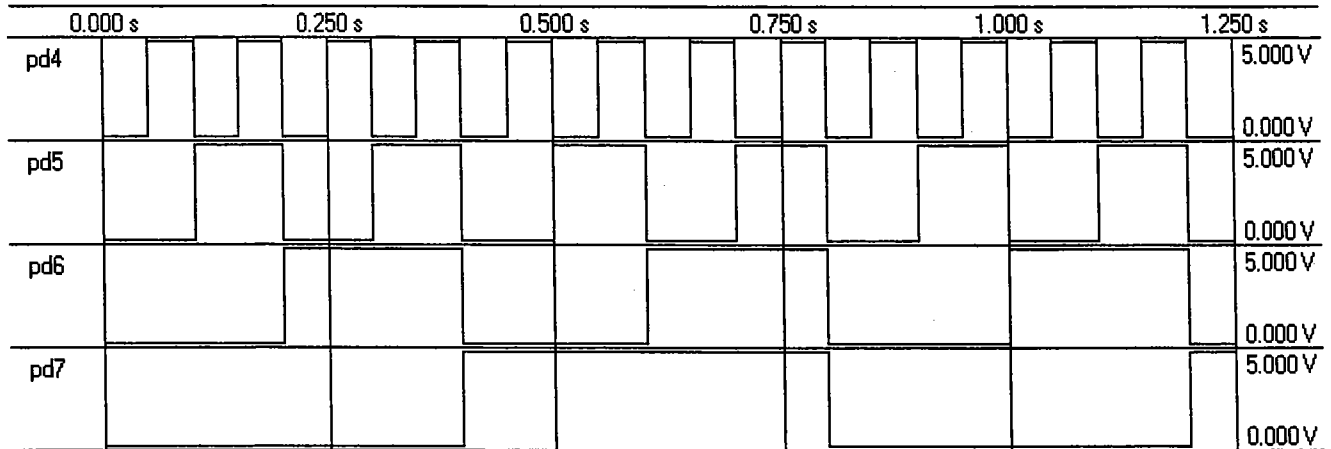
3.3 Schéma structurel (FS23 – FS24 – FS25)



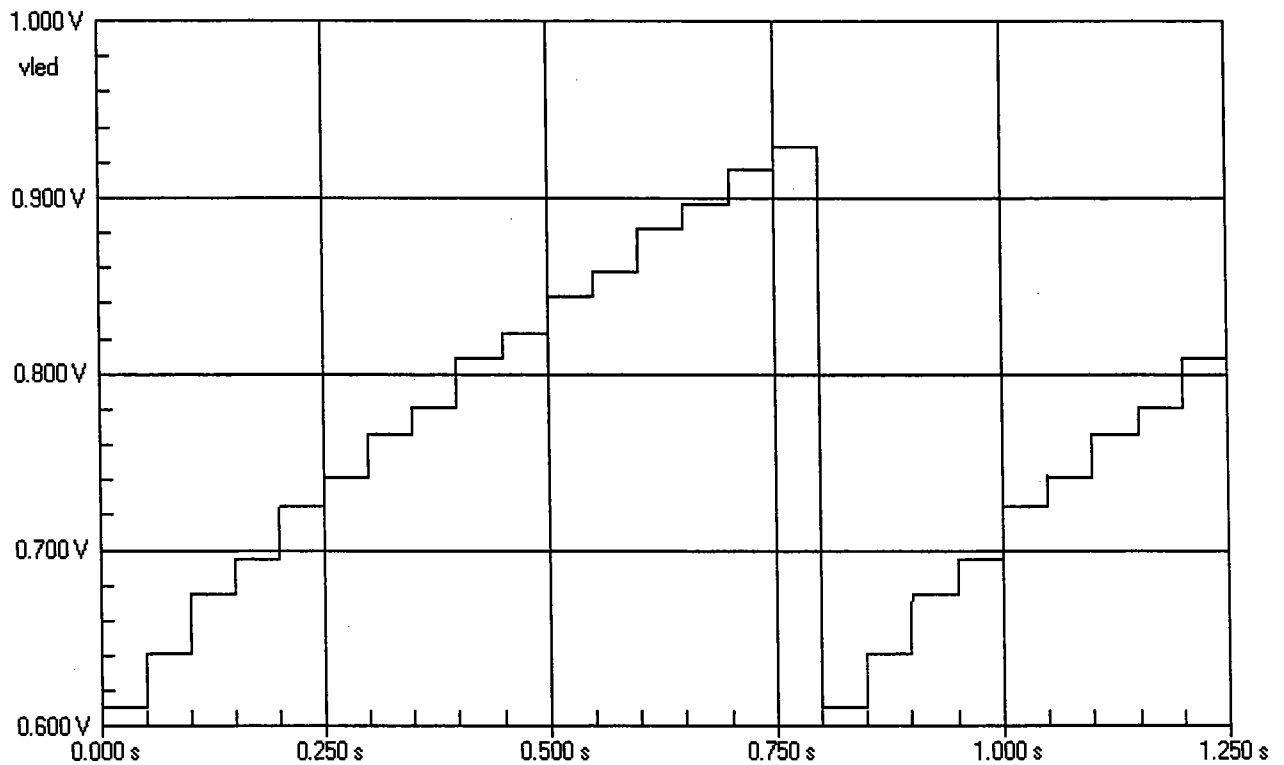
3.4 Étude de FS23

Nous allons nous intéresser au Convertisseur Numérique Analogique R-2R (CAN). Les résultats de la simulation de la fonction FS23 vous sont présentés ci-dessous. Vous pouvez observer :

– Les signaux d'entrées PD4, PD5, PD6, PD7 en fonction du temps.



– Le signal de sortie VLED en fonction du temps



À partir des résultats de simulation :

Q19. Indiquer le nom du signal d'entrée correspondant au LSB (bit de poids le plus faible)

Q20. Donner la valeur binaire des signaux PD7 à PD4 pour avoir une valeur de $V_{LED} = 0,86$ V.
Donner la valeur hexadécimale correspondant à ce code binaire.

Q21. Calculer la dynamique de sortie ΔV_{LED} du CAN (écart entre la valeur min. et la valeur max.)

Q22. À partir de la réponse à Q21, calculer la valeur du quantum q et la résolution r (en %) du CAN.

3.5 Étude de FS24

Cette fonction est construite autour du transistor T1 (2N2222 : $\beta = 100$ et $V_{BE} = 0.6V$). On remarquera que le courant $I_{LED+} = I_{LED-} = I_{LED} =$ Courant traversant la LED.

Q23. Établir la relation entre la tension V_{LED} et le courant dans la résistance R11. On fera l'hypothèse que $I_{LED-} =$ Courant traversant la résistance R11 (Vous justifierez cette hypothèse).

Q24. Calculer la valeur maximale du courant I_{LED+} dans la LED. On prendra pour ce calcul la valeur crête de V_{LED} relevée sur les résultats de simulation.

Q25. Le constructeur a choisit une LED TLRH 190P (Voir DOC2). Ce choix est il correct ? Justifier.

3.6 Étude de FS25 et Synthèse de FP5

Q26. On désire une intensité lumineuse de 20 000 mcd (milli candela), relever sur la documentation de la LED D1 (TLRH 190P) la valeur du courant correspondant à cette intensité lumineuse.

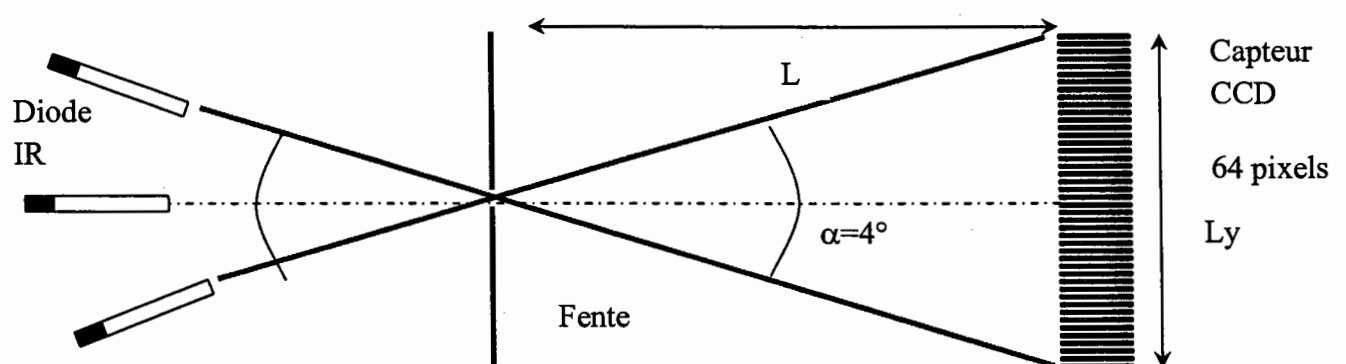
Q27. Donner la valeur binaire des signaux PD7 à PD4 permettant d'obtenir cette intensité lumineuse.

4 ÉTUDE DE FP1 : « MESURER ANGLE DU RAYON LUMINEUX »

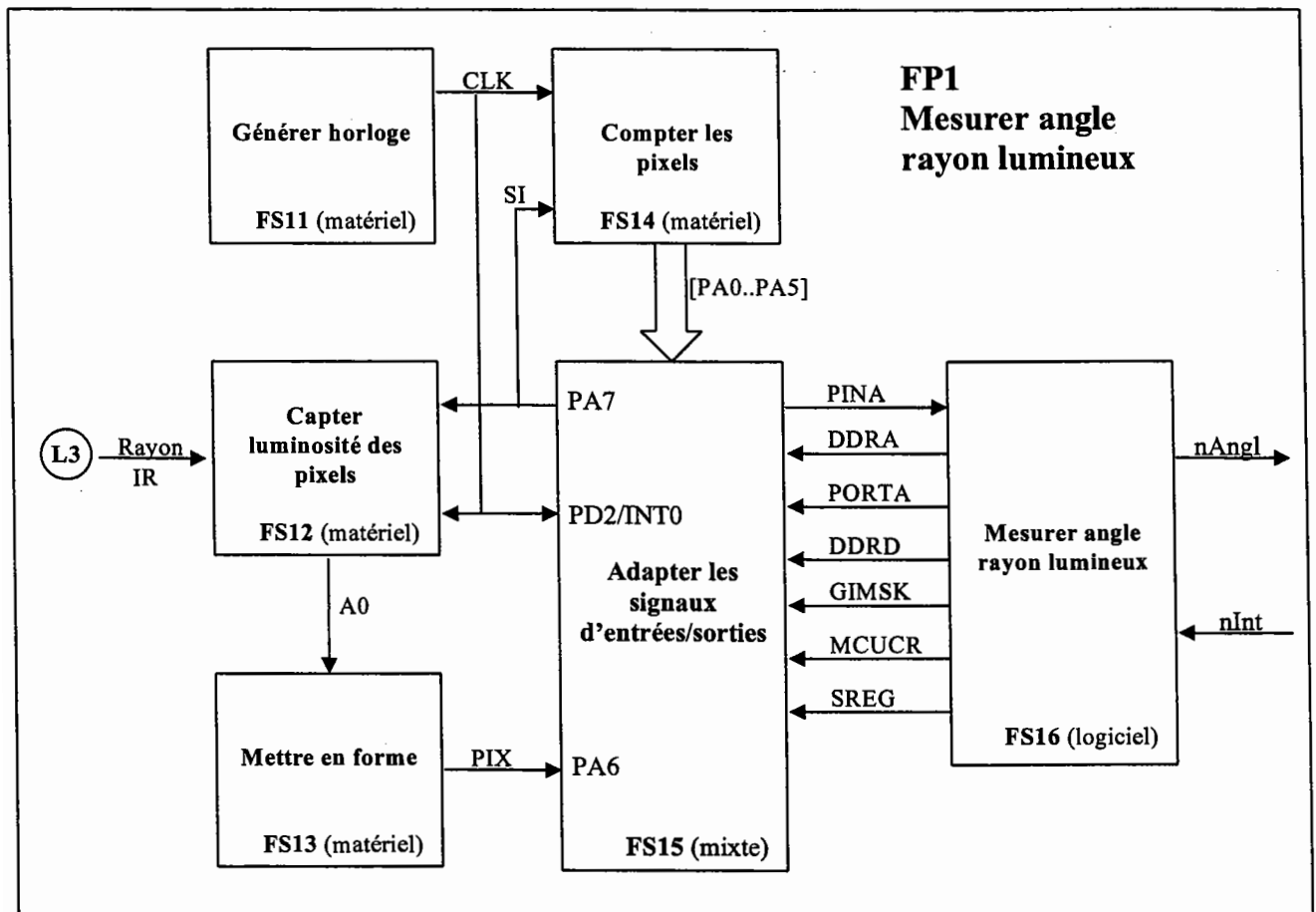
4.1 Principe de mesure

Le faisceau lumineux directif émis par la fonction FP2 « Émettre un rayon lumineux » est reçu par une tête de mesure. Ce faisceau est masqué partiellement par un cache dans lequel a été pratiquée une fente verticale située exactement dans l'axe horizontal de la roue.

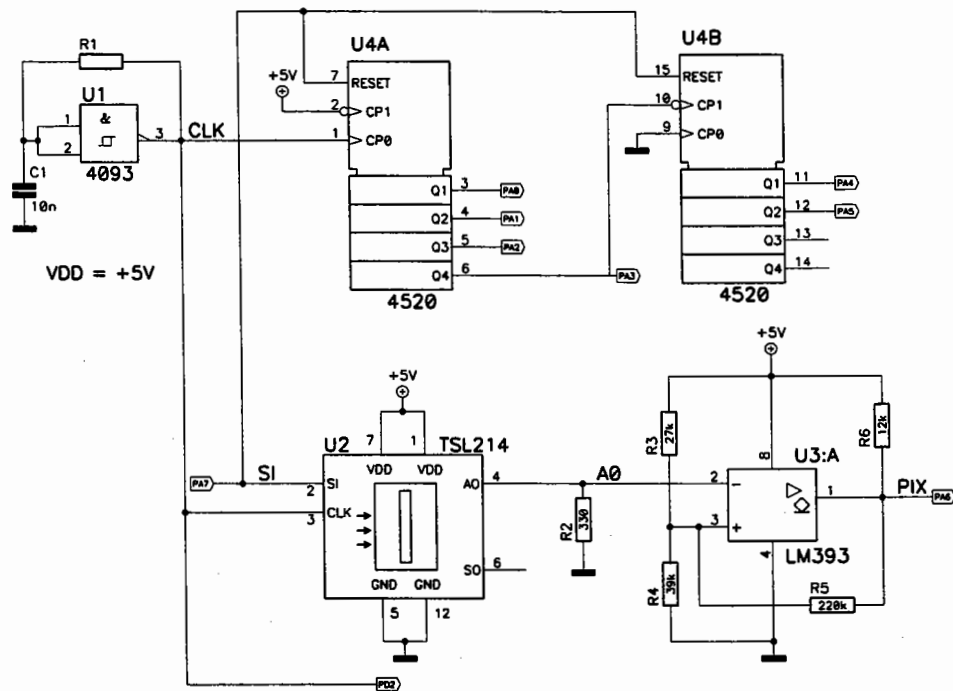
À une distance précise de ce cache est placé un capteur CCD constitué de 64 pixels dont le centre est parfaitement aligné avec la fente du cache ; la distance a été calculée pour que la précision de la mesure de l'angle puisse atteindre 1 minute de part et d'autre du point central. Le capteur est bien sûr enfermé dans un boîtier opaque.



4.2 Schéma fonctionnel de 2^{ème} degré



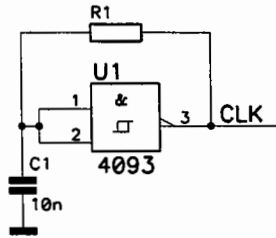
4.3 Schéma structurel (FS11 – FS12 – FS13 – FS14)



Les 64 cellules du capteur (Pixel) produisent 64 tensions analogiques proportionnelles à la quantité de lumière reçue, soit le produit de l'intensité lumineuse par la durée d'exposition.

Une séquence de lecture de ces 64 cellules débute par une impulsion d'initialisation SI (fournie par le micro contrôleur) suivie de 64 impulsions d'horloge CLK, impulsions de lecture des cellules.

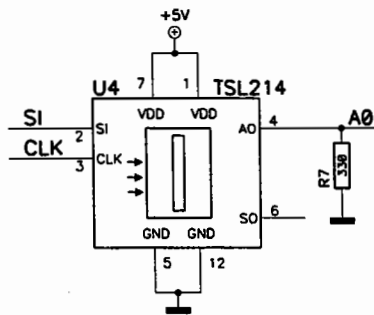
4.4 Étude de FS11



Cette fonction est construite autour d'un circuit 4093.

- Q28. Quelle est la signification du symbole \square à l'intérieur du 4093 ?
 Q29. On désire délivrer une fréquence de 40 kHz. D'après la documentation DOC4, calculer la valeur normalisée de R1.
 Q30. Peut-on remplacer le 4093 par un 4011 (voir DOC3) ? Pourquoi ?

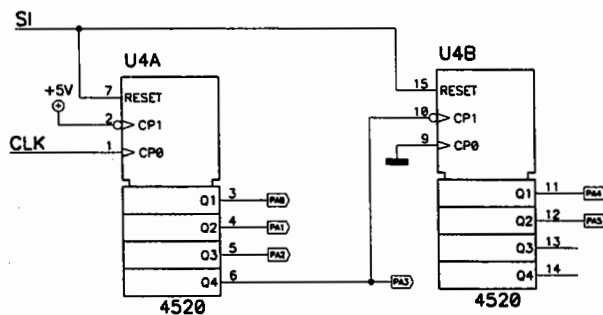
4.5 Étude de FS12



Nous allons nous intéresser aux signaux de commande du capteur TSL214 (voir DOC5).

- Q31. Quelle est la durée minimale à l'état haut du signal d'initialisation SI ?
 Q32. Justifier le choix de la fréquence d'horloge (voir Q29).

4.6 Étude de FS14

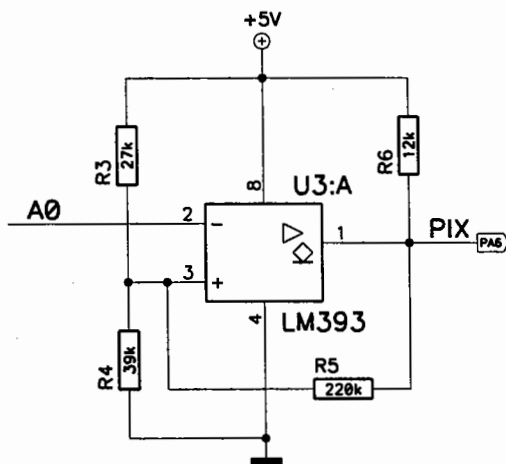


À chaque front de l'horloge CLK le TSL214 présente sur la sortie A0 une tension analogique proportionnelle à la quantité de lumière reçue.

L'impulsion d'initialisation et l'horloge CLK commandent un compteur qui délivre sur PA0 à PA5 (PA0 étant le LSB et PA5 le MSB) le numéro de la tension représentative du pixel présent sur A0.

- Q33. Compléter les chronogrammes de PA0 à PA5 et le numéro des pixels sélectionnés sur le document réponse DR3

4.7 Étude de FS13



Cette tension analogique A0 est mise en forme pour obtenir 64 niveaux logiques représentatifs de l'éclairement des 64 pixels.

- Q34. Quelle est la signification du symbole \triangle à l'intérieur du LM393 ?
 Q35. Calculer les seuils de commutations du trigger.
 Q36. Compléter le chronogramme de PIX document réponse DR2
 Q37. Indiquer les numéros des pixels les plus éclairés.

5 ÉTUDE DE FP4 : « MESURER LE NIVEAU, LE CARROSSAGE ET LA TEMPÉRATURE »

5.1 Principe de fonctionnement

Cette fonction principale permet l'acquisition de 2 angles (voir figure ci-dessous) :

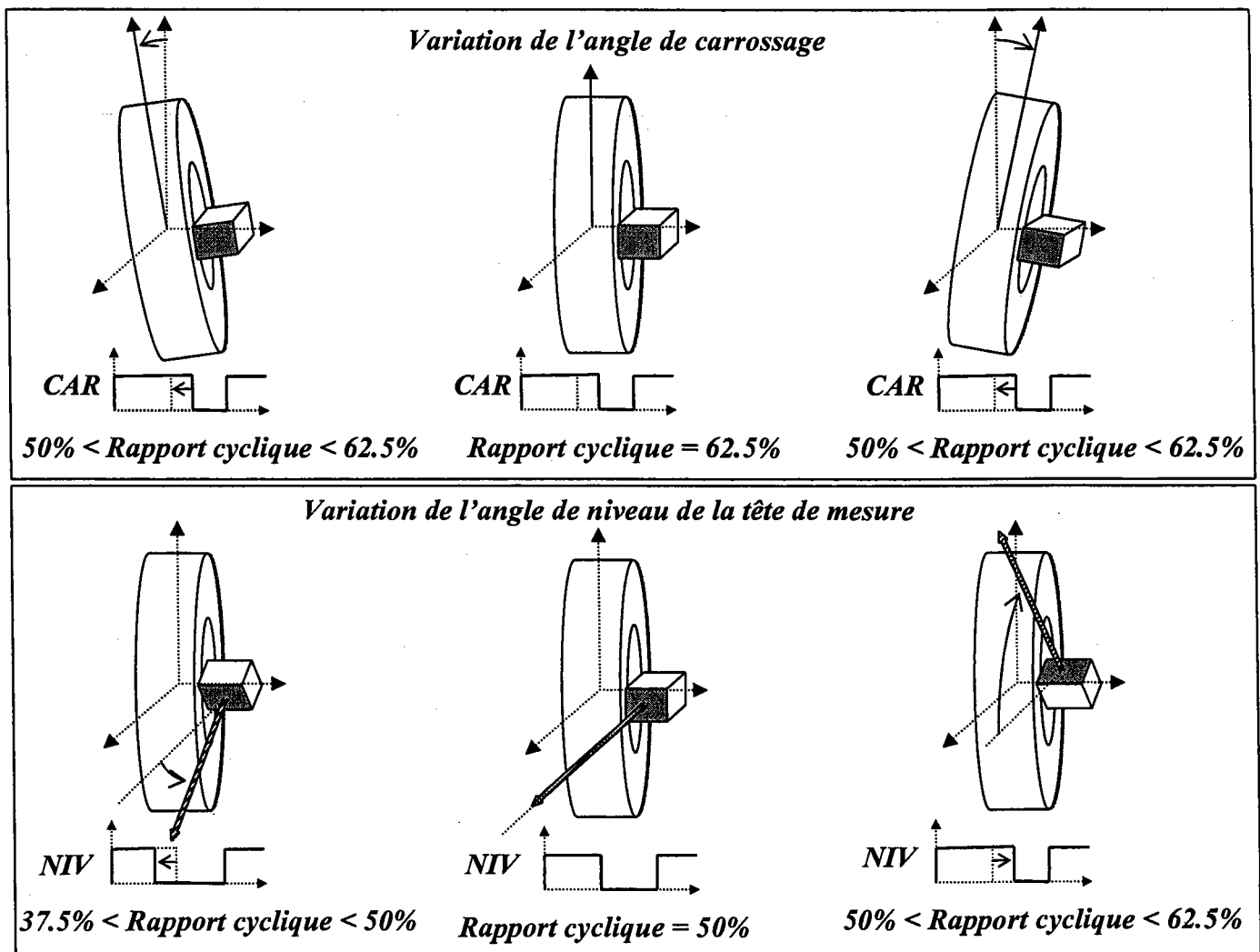
- ✓ L'angle de carrossage à mesurer et à éventuellement corriger : C'est l'angle formé par le plan de la roue et la verticale.
- ✓ L'angle de niveau informe si la tête de mesure est correctement placée. En effet pour garantir la mesure de la géométrie il est indispensable que la tête de mesure soit parfaitement horizontale.

Le capteur utilisé étant sensible aux variations de température, il est indispensable de mesurer la température afin de pouvoir corriger les erreurs dues aux dérives thermiques.

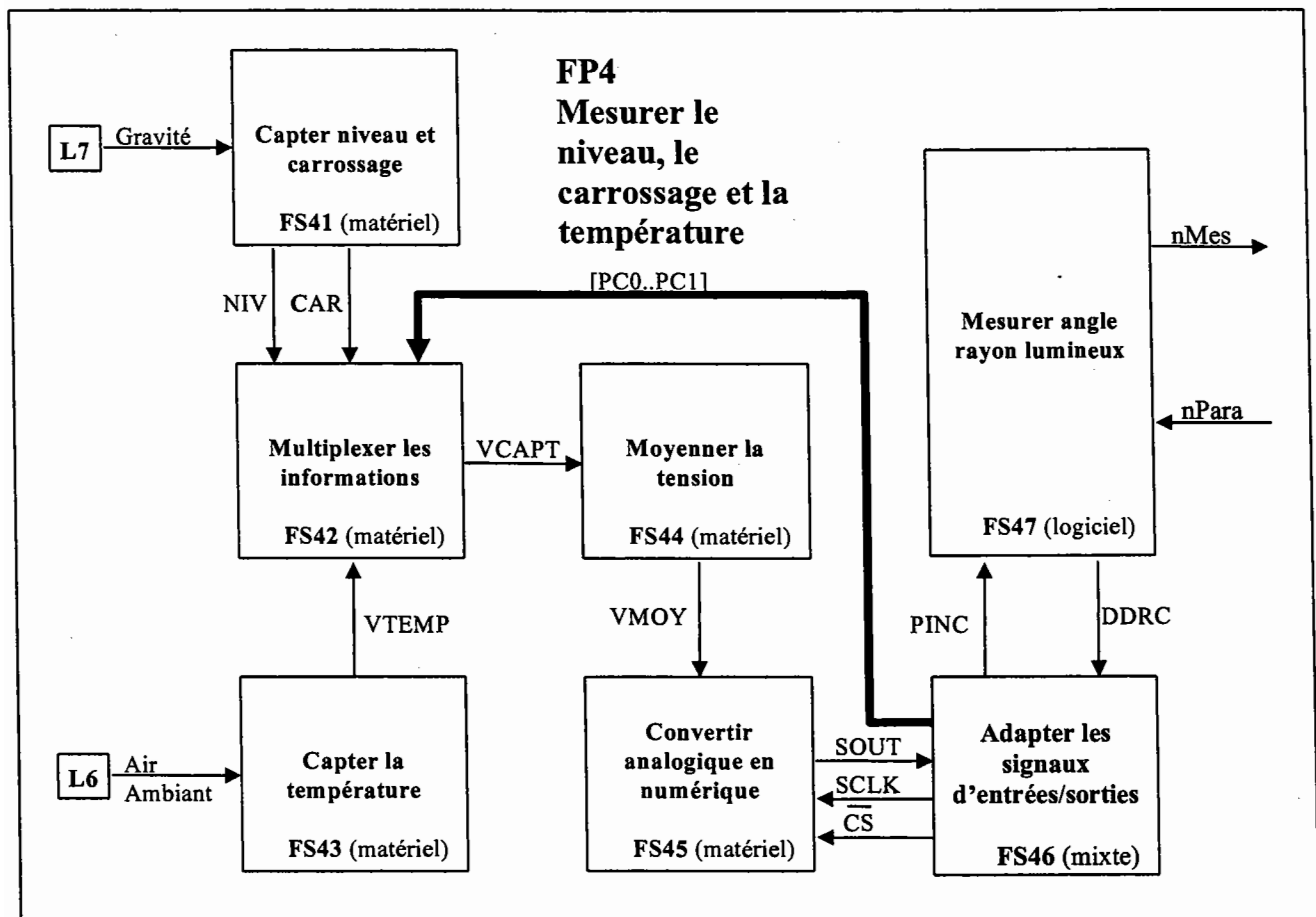
Ces différentes informations sont multiplexées, converties en tensions analogiques puis converties en mots numériques afin d'être traitées par FP6 « Séquencer les informations ».

5.2 Principe de mesure

Le capteur utilisé est un capteur gravimétrique ADXL202 (DOC8). Il génère 2 signaux binaires CAR et NIV dont les rapports cycliques sont respectivement proportionnels aux angles de carrossage et de niveau.



5.3 Schéma fonctionnel de 2^{ème} degré



Q38. Repérer les fonctions secondaires FS41 à FS46 en les entourant sur le schéma structural de la fonction FP4 (sur le document réponse DR4).

5.4 Étude de FS41 « Capter le niveau et le carrossage ».

- Q39. À partir de la documentation constructeur DOC8 du capteur ADXL202 déterminer la fréquence des signaux rectangulaires NIV et CAR.
- Q40. À partir du schéma explicatif du capteur gravimétrique ADXL202 page C9, déterminer les valeurs minimale et maximale du rapport cyclique du signal rectangulaire NIV.
- Q41. À partir du schéma explicatif du capteur gravimétrique ADXL202 page C9, déterminer les valeurs minimale et maximale du rapport cyclique du signal rectangulaire CAR.

5.5 Étude de FS43 « Capter la température ».

- Q42. À partir de la documentation constructeur DOC9, déterminer la plage de variation de la tension analogique VTEMP en supposant que la température ambiante varie entre -10°C et 40°C.

5.6 Étude de FS42 « Multiplexer les informations ».

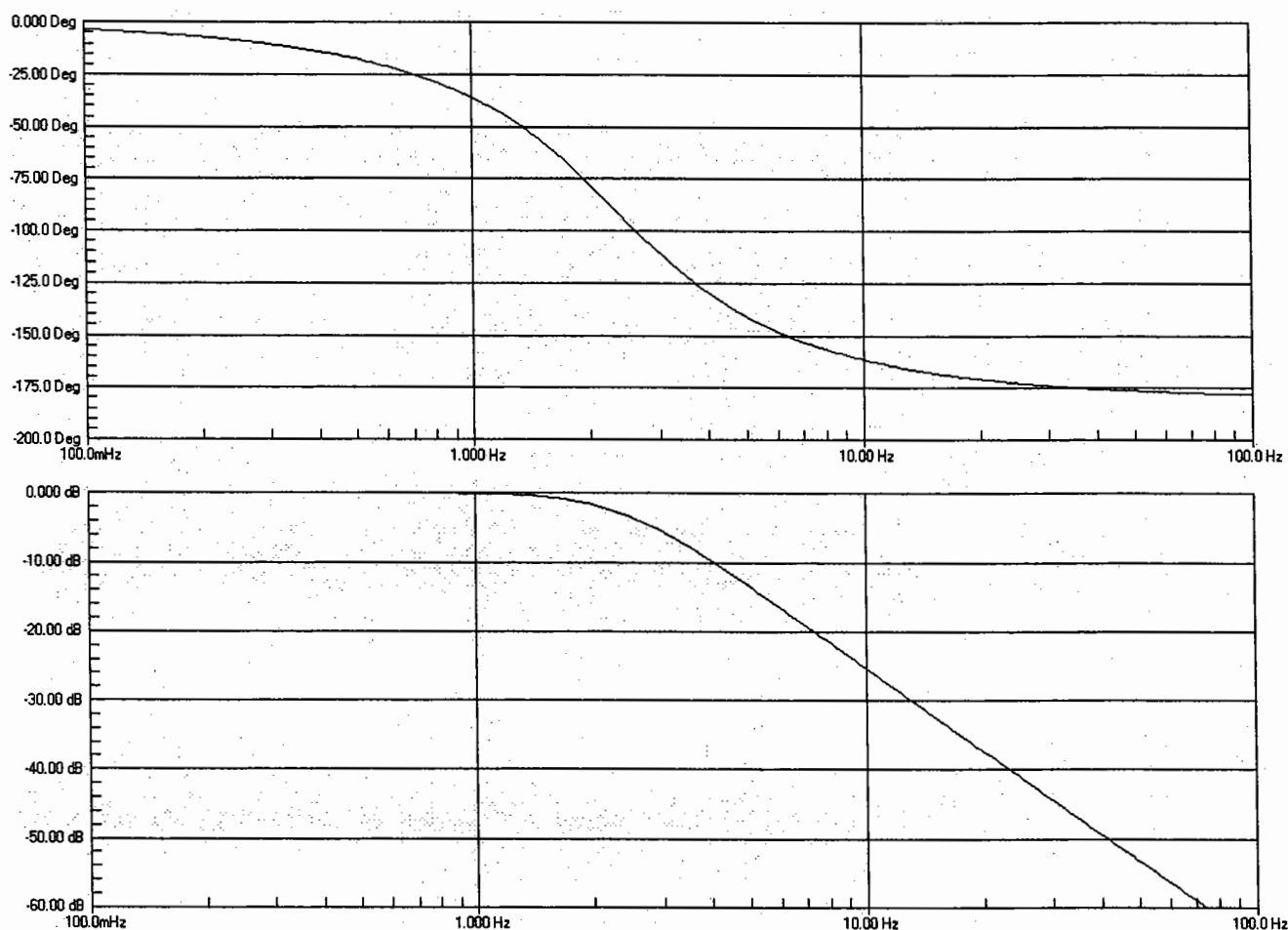
- Q43. D'après la documentation constructeur du CD4052 (DOC10) donner le schéma équivalent du CD4052 entre les pattes Y0A et ZA lorsque PC0=PC1=0 (PC0 LSB).
- Q44. Compléter le chronogramme de VCAPT sur le document réponse DR5.

5.7 Étude de FS44 « Moyenner la tension ».

Les rapports cycliques des signaux rectangulaires CAR et NIV sont images des angles de carrossage et de niveau. Afin d'obtenir des tensions analogiques images des angles, la fonction FS44 extrait la valeur moyenne VMOY du signal VCAPT.

Q45. À partir de la simulation de FS44 ci-dessous, déterminer le type de filtre et sa fréquence de coupure.

Simulation de FS44 : Gain VMOY/VCAPT et déphasage associé.



Q46. En vous aidant de la réponse à Q39, justifier la valeur de la fréquence de coupure par rapport à la fréquence des signaux rectangulaires CAR et NIV.

Q47. Donner l'expression qui permet de calculer la valeur moyenne VMOY d'un signal rectangulaire VCAPT de rapport cyclique T1/T2. Quelle est la valeur de VMOY dans le cas d'un rapport cyclique T1/T2=1 (Cas d'une tension continue en entrée de FS44).

5.8 Synthèse : choix du convertisseur analogique numérique.

Les informations de carrossage, niveau et température doivent être converties en mots numériques de façon à pouvoir être traitées par le microcontrôleur. On se propose de choisir le convertisseur analogique numérique réalisant la fonction FS45.

5.8.1 Détermination de la plage de tension d'entrée VMOY

Q48. Déterminer la valeur minimale et la valeur maximale de la tension analogique VMOY correspondant aux valeurs minimale et maximale du rapport cyclique du signal rectangulaire

CAR. On notera ces deux valeurs $\langle VCAR \rangle_{\min}$ et $\langle VCAR \rangle_{\max}$. On reportera ces valeurs dans le tableau du document réponse DR6.

Q49. Déterminer la valeur minimale et la valeur maximale de la tension analogique VMOY correspondant aux valeurs minimale et maximale du rapport cyclique du signal rectangulaire NIV. On notera ces deux valeurs $\langle VNIV \rangle_{\min}$ et $\langle VNIV \rangle_{\max}$. On reportera ces valeurs dans le tableau du document réponse DR6.

Q50. Déterminer la valeur minimale et la valeur maximale de la tension analogique VMOY correspondant aux valeurs minimale et maximale de la tension continue VTEMP. On notera ces deux valeurs $\langle VTEMP \rangle_{\min}$ et $\langle VTEMP \rangle_{\max}$. On reportera ces valeurs dans le tableau du document réponse DR6.

Q51. En déduire les valeurs minimale et maximale de la tension analogique VMOY. On reportera ces valeurs dans le tableau du document réponse DR6.

5.8.2 Détermination du pas de quantification

La fonction FP4 doit être capable de mesurer des variations d'angle inférieures à $0,2^\circ$ (variation du rapport cyclique de 0,025%).

Q52. Déterminer la plus petite variation mesurable de la tension analogique VMOY.

Q53. Rappeler la relation liant le pas de quantification (quantum) au nombre de bits N et à la plage de tension analogique d'entrée ΔV_e d'un convertisseur analogique numérique

Q54. En considérant $\Delta V_e = 5V$, calculer le pas de quantification (quantum) pour des convertisseurs de 8, 10, 12, 14, 16 bits.

5.8.3 Choix du convertisseur

Q55. Choisir un convertisseur dans le tableau de comparaison (DOC11) en ayant notamment pour critère de choix : le pas de quantification, la plage de tension d'entrée, le prix.

6.1 Principe de fonctionnement

La fonction FP5 permet à la tête de mesure d'émettre et de recevoir des informations de/vers la console de commande. Ces informations transitent sur une liaison série asynchrone RS232. Cette liaison RS232 est constituée de 3 fils :

1. TD : fil d'émission vers la console
2. RD : fil de réception venant de la console
3. SG : fil de masse

Les informations échangées entre la tête de mesure et la console sont organisées sous forme de trames (ensemble de caractères). Chaque trame est constituée d'un caractère qui indique la nature de la commande, suivi éventuellement par une chaîne de caractères qui constitue une valeur numérique, terminée par le caractère retour chariot (0D en hexadécimal).

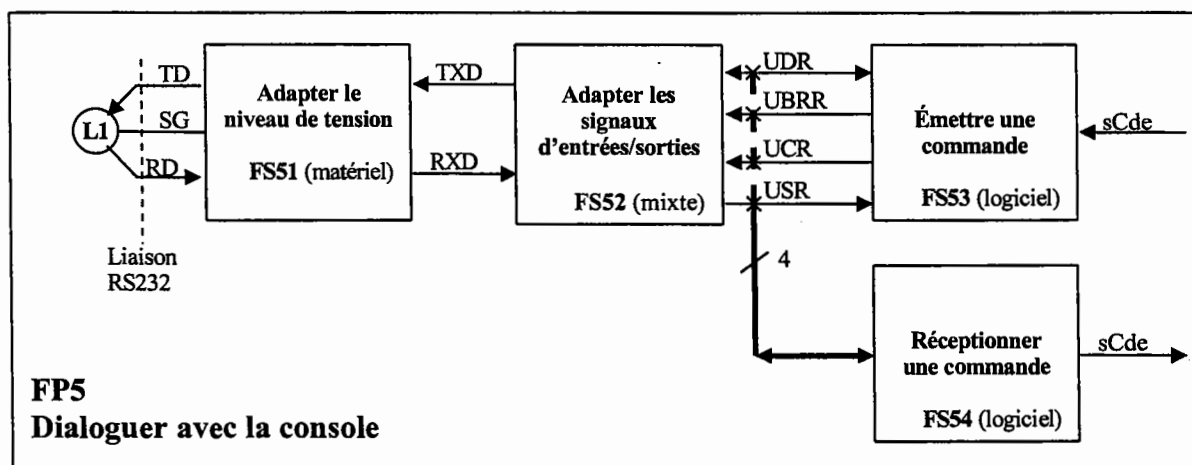
Une transmission d'information est toujours effectuée à l'initiative de la console. Prenons un exemple :

Trame	Console		Tête de mesure	
	Code ASCII	Code Hexa	Code ASCII	Code Hexa
①	A↵	41 0D		
②			A25↵	41 32 35 0D

La transmission débute par l'envoi par la console de la trame ① qui est constituée du caractère A majuscule suivi de ↵ qui est un caractère « retour chariot ». Le A majuscule étant codé 41 en hexadécimal, le retour chariot étant codé 0D, cela donne la trame « 41 0D » qui veut dire que la console demande à la tête de mesurer l'angle du rayon lumineux.

Une fois la mesure de l'angle effectuée, la tête de mesure envoie le caractère A majuscule, suivi des caractères 2 et 5 et enfin un retour chariot. Ce qui donne en hexadécimal la trame ② « 41 32 35 0D » qui veut dire que l'angle mesuré est (25)₁₆ soit 37 en décimal.

6.2 Schéma fonctionnel de 2^{ème} degré



6.3 Étude de FS 51

Pour répondre aux questions ci-dessous, il est nécessaire de lire les documents DOC12, DOC13 et DOC14.

Cahier des charges de la fonction :

- ✓ La fonction permet d'adapter le niveau de tension des signaux TXD → TD et RXD ← RD. Elle est constituée d'un circuit intégré d'adaptation et de ses composants associés.
- ✓ La tête de mesure dispose de deux tensions d'alimentation +5V et -5V.
- ✓ La fonction devra être protégée contre les décharges électrostatiques.
- ✓ Dans la mesure du possible, le circuit intégré d'adaptation devra être dans un boîtier DIP.
- ✓ Dans la mesure du possible, le coût de la fonction devra être réduit.

Q56. Donner le niveau de tension sur TXD (sortie UART) correspondant à un niveau logique haut et à un niveau logique bas pour une tension d'alimentation du microcontrôleur de 5 volts.

Q57. Donner le niveau de tension sur TD (sortie) de la liaison RS232 correspondant à un niveau logique haut et à un niveau logique bas.

Q58. Choisir le circuit intégré d'adaptation permettant de remplir la fonction FS 51 **en justifiant votre choix.**

6.4 Synthèse de FP5

Pour la suite des questions, on retiendra le MAX3323E comme circuit intégré d'adaptation. Sa broche de sortie T_{OUT} est reliée à TD. La tension en sortie T_{OUT} peut prendre deux valeurs +6 et -6 volts. Pour répondre aux questions ci-dessous, il est nécessaire, si ce n'est pas déjà fait, de lire les documents DOC12, DOC13, DOC14 et DOC15. Le tableau ci-dessous résume les différentes trames pouvant être émises par la console ou la tête de mesure :

Trame console	Trame TÊTE	Explication
A↓	Axx↓	Mesure de l'angle du rayon lumineux. xx sont deux caractères ASCII représentant la valeur de l'angle en hexadécimal
Ixx↓	Ixx↓	Réglage du temps d'intégration pour la mesure de l'angle du rayon lumineux. xx sont deux caractères ASCII représentant la valeur du temps d'intégration en hexadécimal.
Bx↓	Bx↓	Réglage de la luminosité du rayon lumineux émis pour la mesure de l'angle lumineux. x est un caractère ASCII représentant la valeur de la luminosité en hexadécimal.
N↓	Nx↓	Lecture du résultat de la dernière mesure de voilage de la jante. x est un caractère ASCII représentant le résultat (0 = jante non voilée / 1 = jante voilée).
L↓	Lxxxx↓	Mesure de l'angle de niveau de la tête de mesure. xxxx sont quatre caractères ASCII représentant la valeur du niveau en hexadécimal
C↓	Cxxxx↓	Mesure de l'angle de carrossage de la tête de mesure. xxxx sont quatre caractères ASCII représentant la valeur du carrossage en hexadécimal
H↓	Hxxxx↓	Mesure de la température de la tête de mesure. xxxx sont quatre caractères ASCII représentant la valeur de la température en hexadécimal
	Exx↓	En cas d'erreur, la tête de mesure envoie cette trame. xx sont deux caractères ASCII représentant le type d'erreur en hexadécimal.

Q59. Compléter le document réponse DR7 en décodant le premier caractère C1 de la trame émise par la tête de mesure sur TXD.

Q60. Compléter le document réponse DR7 en codant le deuxième caractère C2 de la trame émise par la tête de mesure sur TXD pour qu'il représente un caractère 0 (zéro).

Q61. Décoder l'ensemble de la trame en complétant les caractères C3 et C4 sur le document réponse DR7.

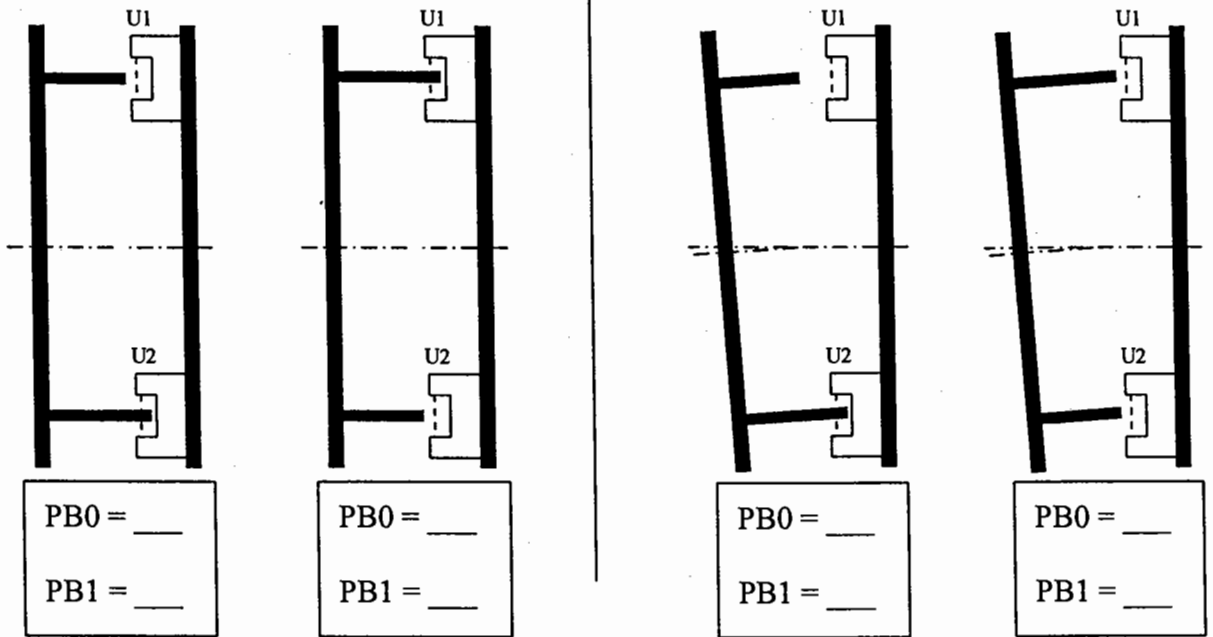
Q62. En vous aidant du tableau ci-dessus, donner la signification de la trame complète.

Q63. Remplir le document réponse DR7 en complétant le chronogramme du signal TD.

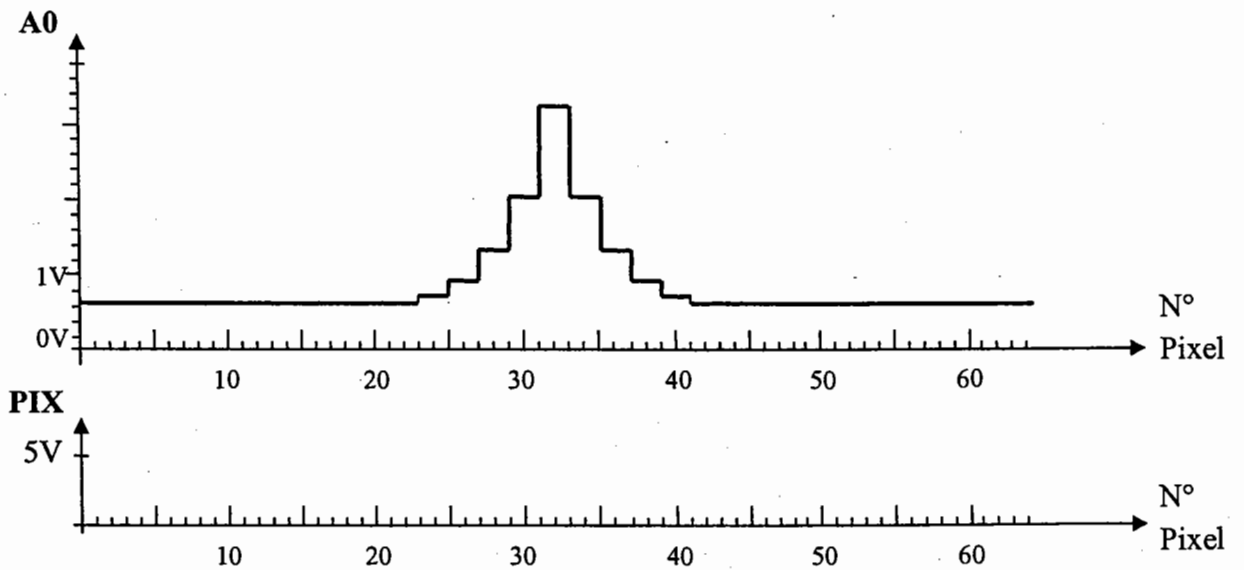
DR1. Document réponse Q18

Roue non voilée

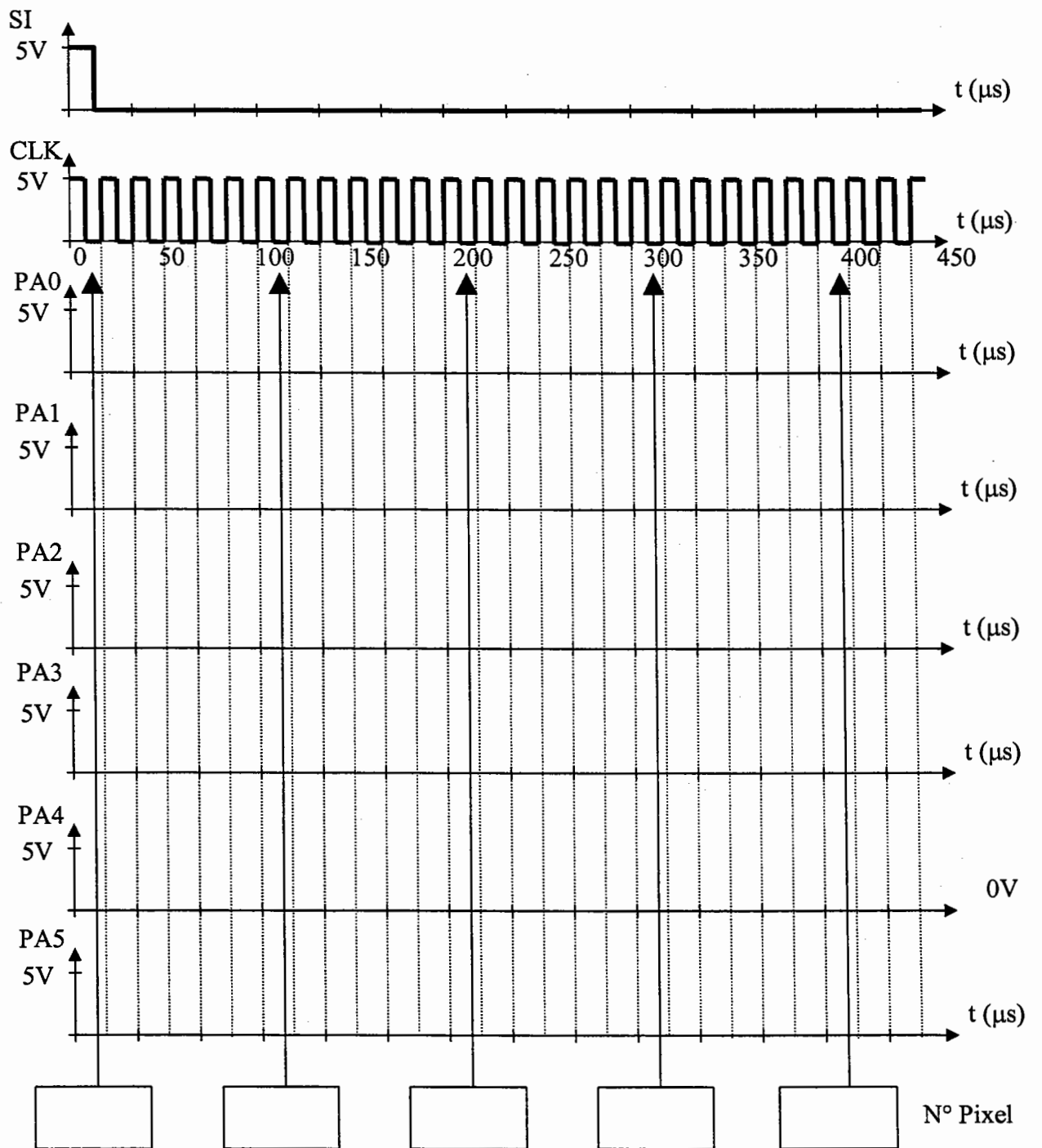
Roue voilée



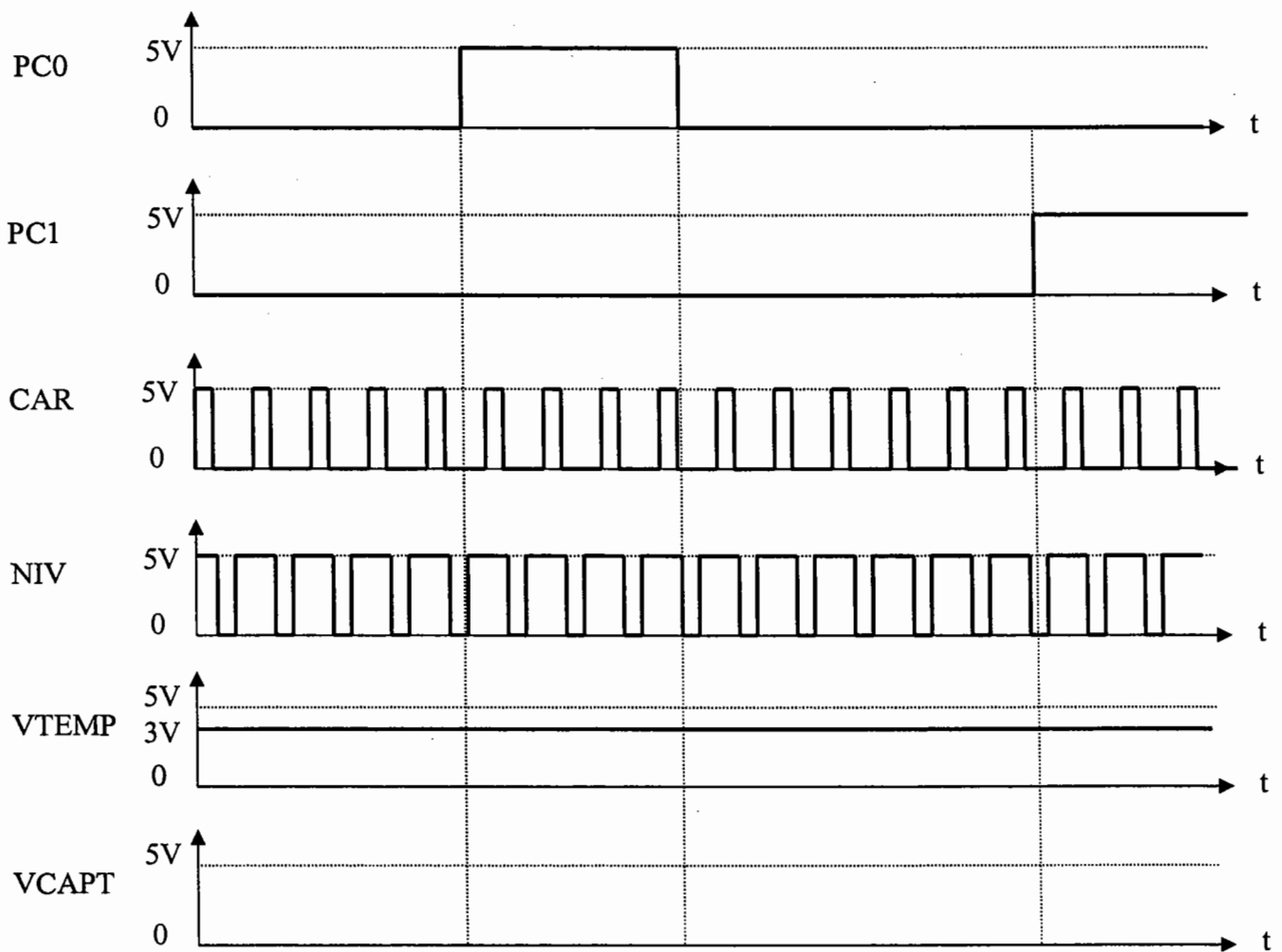
DR2. Document réponse Q36



DR3. Document réponse Q33



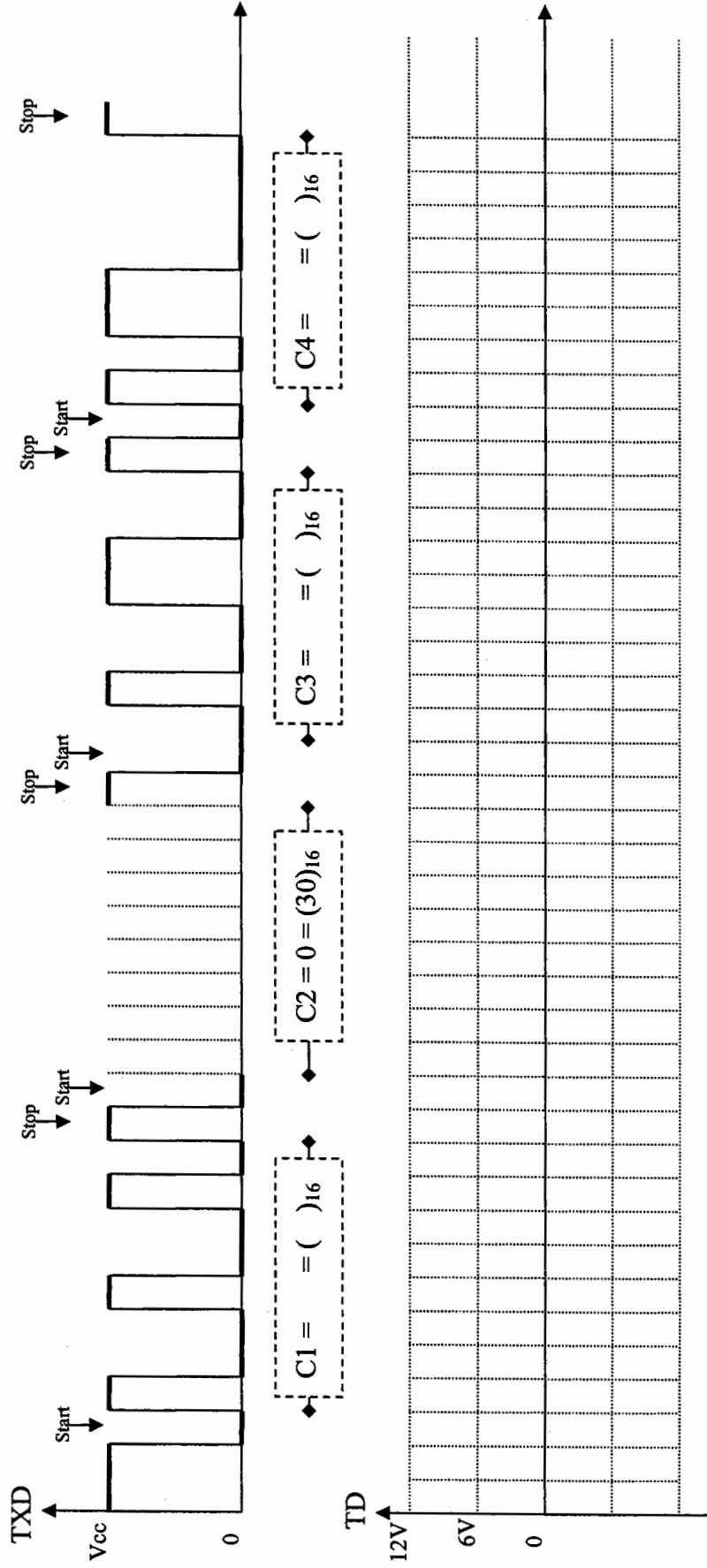
DR5. Document réponse Q44



DR6. Document réponse Q48/Q49/Q50/Q51

	<VCAR>	<VNIV>	<VTEMP>	VMOY
Min (V)				
Max (V)				

DR7. Document Réponse : Questions Q59, Q60, Q61, Q63



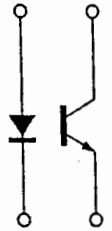


Package T

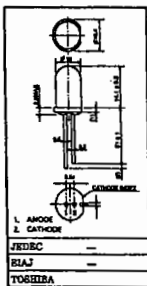
DOC1. Documentation : Capteur à fourche optique OPB360

Le capteur OPB360 est constitué d'une diode électroluminescente infrarouge et d'un phototransistor.

Ce capteur est équipé d'un filtre infrarouge lui permettant d'être insensible à la lumière ambiante.



SYMBOL	PARAMETER	MIN	MAX	UNITS	TEST CONDITIONS
Diode					
V_F	Tension directe		1.7	V	$I_F = 20 \text{ mA}$
I_R	Courant inverse		100	μA	$V_R = 2 \text{ V}$
Phototransistor					
$V_{(BR)CEO}$	Tension de claquage Collecteur-Emetteur	30		V	$I_C = 1 \text{ mA}$
$V_{(BR)ECO}$	Tension de claquage Emetteur-Collecteur	5.0		V	$I_E = 100 \mu\text{A}$
I_{CEO}	Courant Collect-Emet dans le noir		100	nA	$V_{CE} = 10 \text{ V}, I_F = 0, E_o = 0$
Caractéristiques de Transfert					
$I_{C(ON)}$	Courant Collecteur à l'état ON (Saturé) OPB360T, N, L, P55 OPB365T, N, L, P55 OPB370T, N, L, P55 OPB375T, N, L, P55	3.5	14.0	mA	$V_{CE} = 0.4 \text{ V}, I_F = 20 \text{ mA}$
	OPB360T, N, L, P51 OPB365T, N, L, P51 OPB370T, N, L, P51 OPB375T, N, L, P51	2.5	10.0	mA	$V_{CE} = 0.4 \text{ V}, I_F = 20 \text{ mA}$
	OPB360T, N, L, P11 OPB365T, N, L, P11 OPB370T, N, L, P11 OPB375T, N, L, P11	1.0	5.0	mA	$V_{CE} = 0.4 \text{ V}, I_F = 20 \text{ mA}$



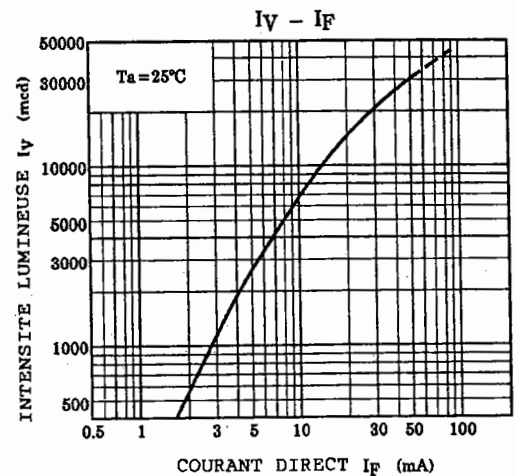
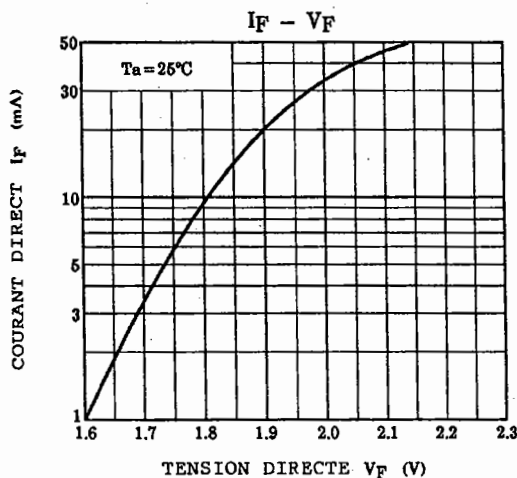
DOC2. Documentation : Diode électroluminescente TLRH190P

La TLRH190P est une LED à très haut rendement d'un diamètre de 10 mm qui émet un rayonnement infrarouge (930 nm).

Elle est équipée d'une lentille qui permet de focaliser de façon très précise le rayon lumineux

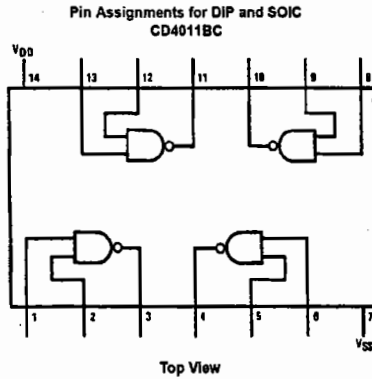
Valeurs maximales

CHARACTERISTIC	SYMBOL	RATING	UNIT
COURANT DIRECT (DC)	I_F	50	mA
TENSION INVERSE	V_R	4	V
POUISSANCE DISSIPÉE	P_D	125	mW
TEMPERATURE DE FONCTIONNEMENT	T_{opr}	-30~85	$^{\circ}\text{C}$
TEMPERATURE DE STOCKAGE	T_{stg}	-40~120	$^{\circ}\text{C}$



DOC3.

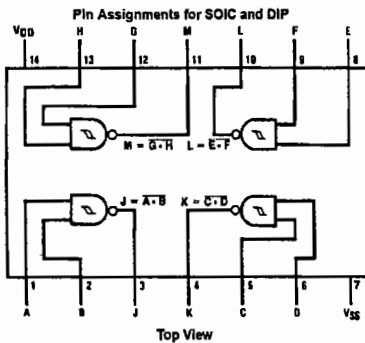
Documentation : CD4011 portes ET NON à deux entrées CMOS



Le circuit CD4011 intègre 4 portes NAND à 2 entrées.
Ce circuit fait partie de la famille CMOS CD4000.
Sa tension d'alimentation V_{DD} peut être choisie entre 3 et 15 V.
Le seuil de déclenchement de ses entrées est égal à $V_{DD}/2$.

DOC4.

Documentation : CD4093 Portes ET NON à deux entrées trigger CMOS



Le circuit CD4093 intègre 4 portes NAND à 2 entrées trigger
Ce circuit fait partie de la famille CMOS CD4000.
Sa tension d'alimentation V_{DD} peut être choisie entre 3 et 15 V.
Les entrées ont deux seuils de déclenchement V_{T+} et V_{T-} , l'écart entre ces deux valeurs est appelé hystérésis

Notes d'application du CD4093 : Multivibrateur astable (oscillateur)

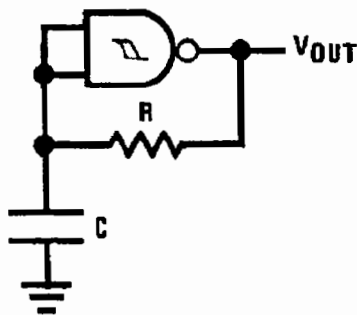


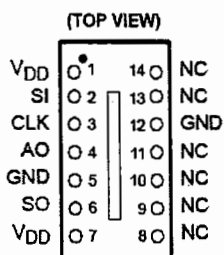
Figure 1 - Oscillateur

La fréquence d'oscillation est définie par la relation suivante :

Pour $V_{DD} = 5V$	$F = 1/RC \ln(3,45)$
Pour $V_{DD} = 10V$	$F = 1/RC \ln(2,35)$
Pour $V_{DD} = 15V$	$F = 1/RC \ln(2,07)$

DOC5. Documentation : TSL214

Capteur optique intégré 64 x 1



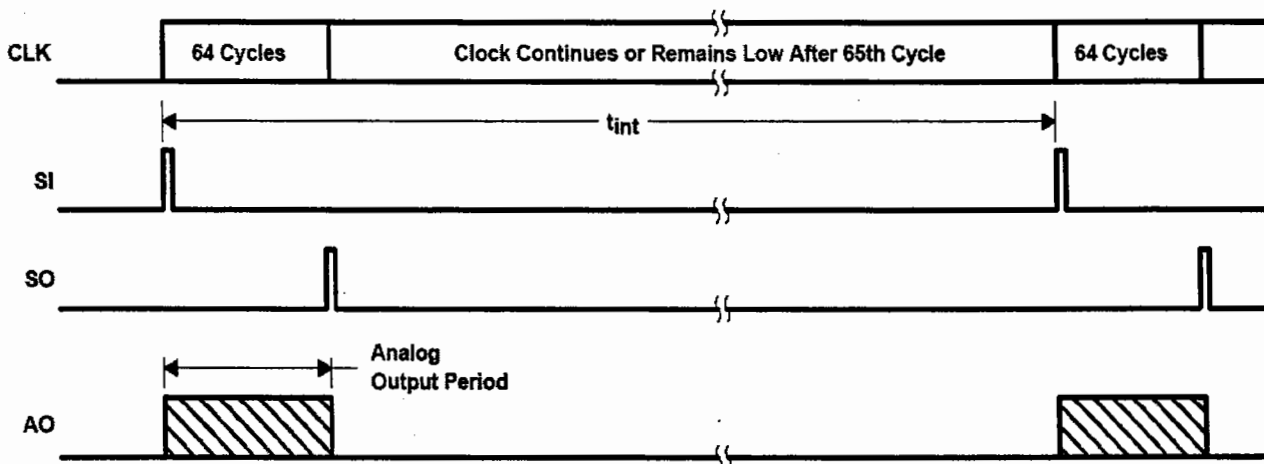
Le capteur optique intégré TSL 214 est constitué de 64 pixels arrangés en ligne. Chaque pixel mesure $120\mu\text{m} \times 70\mu\text{m}$, avec un espace centre à centre de $125\mu\text{m}$. Son fonctionnement est simplifié par une logique interne, seuls un signal d'horloge et une impulsion de début d'intégration sont nécessaires.

NC—No internal connection

Description des broches

TERMINAL NAME	NO.	DESCRIPTION
AO	4	Sortie analogique
CLK	3	Entrée d'horloge. Contrôle le transfert de charge, la sortie pixel AO et le reset
GND	5, 12	Masse. Toutes les tensions sont référencées à GND
NC	8–11, 13, 14	Non connectée
SI	2	Entrée série. SI indique la fin de la phase d'intégration et le début de la séquence de sortie AO
SO	6	Sortie série. SO permet de monter plusieurs TSL214 en cascade
VDD	1, 7	Tension d'alimentation

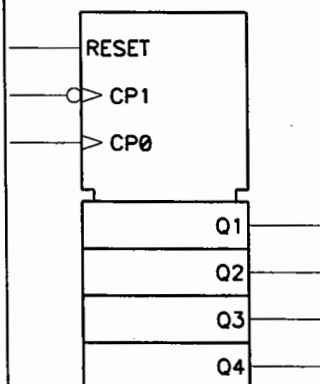
Chronogramme de fonctionnement



Plages normales d'utilisation

	MIN	NOM	MAX	UNIT
Tension d'alimentation, V_{DD}	4.5		5.5	V
Tension d'entrée, V_I	0		V_{DD}	V
Tension d'entrée à l'état haut, V_{IH}	$V_{DD} \times 0.7$		V_{DD}	V
Tension d'entrée à l'état bas, V_{IL}	0		$V_{DD} \times 0.3$	V
Longueur d'onde de la source, λ		930		nm
Fréquence d'horloge, f_{clock}	10		500	kHz
Durée d'impulsion de l'horloge à l'état bas, $t_w(\text{CLKL})$	1			μs
Durée de l'impulsion d'intégration, t_{int} (see Figures 1 and 2)		5		ms
Temps de prise en compte SI before $\text{CLK}\uparrow$, $t_{su}(\text{SI})$	50			ns
Temps de mémorisation, SI after $\text{CLK}\uparrow$, $t_h(\text{SI})$	50			ns
Charge résistive externe, AO, R_L		330		Ω

DOC6. Documentation : CD4520 Double compteur binaire CMOS

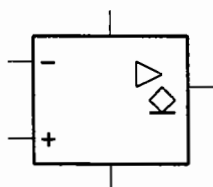


Le circuit CD4520 intègre 2 compteurs binaires 4 bits. Chaque compteur dispose de deux entrées d'horloge (une sur front montant et une sur front descendant) et une entrée de remise à zéro. Il fait partie de la famille CMOS CD4000.

CP0	CP1	RESET	Mode
FM	H	L	Incrémentation du compteur
L	FD	L	Incrémentation du compteur
FD	X	L	Sans changement
X	FM	L	Sans changement
FM	L	L	Sans changement
H	FD	L	Sans changement
X	X	H	Q1 à Q4 = L

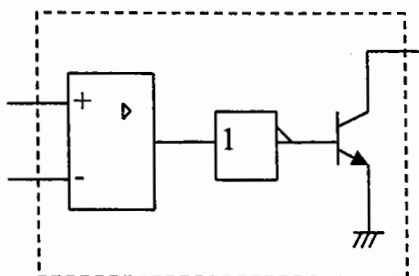
FM : Front montant. FD : Front descendant.

DOC7. Documentation : LM393 Double comparateur

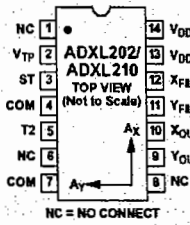
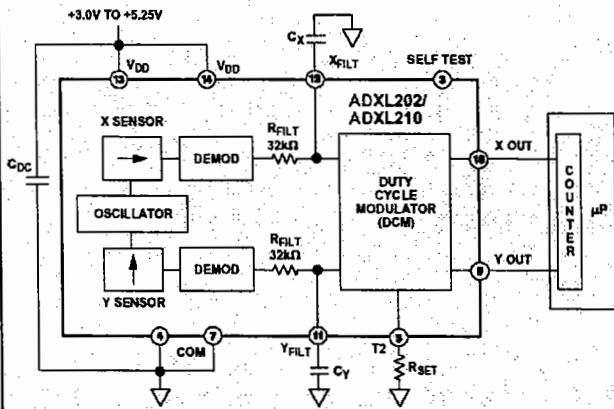


Le circuit LM393 intègre deux comparateurs à sortie collecteur-ouvert compatible TTL et CMOS. Sa plage d'alimentation va de 2 à 36 volts en symétrique ou asymétrique.

Schéma équivalent

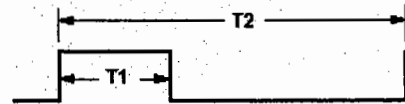
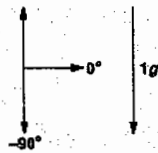
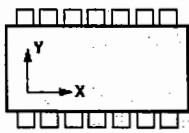


DOC8. Documentation constructeur : ADXL202



Le ADXL202 est un accéléromètre capable de mesurer l'accélération dynamique (vibrations) ou l'accélération statique (pesanteur) sur 2 axes. Les sorties sont des signaux numériques dont les rapports cycliques (rapport de la durée d'impulsion sur la période T1/T2) sont proportionnels aux accélérations sur les 2 axes. La période des signaux de sortie est ajustable entre 0.5ms et 10ms grâce à une simple résistance (Rset). Si l'on désire une sortie en tension, une tension analogique proportionnelle à l'accélération peut être obtenue en filtrant les sorties à rapport cyclique variable.

Rapport cyclique typique des sorties Xout et Yout



$$A(g) = (T1/T2 - 0.5) / 12.5\%$$

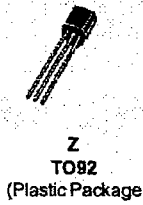
$$0g = 50\% \text{ DUTY CYCLE}$$

Période du signal de sortie

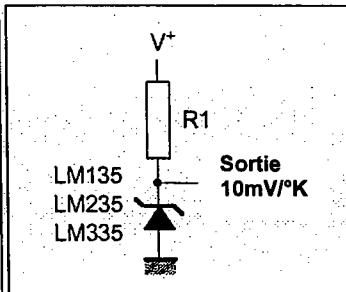
$$T2 = \frac{R_{SET} (\Omega)}{125 \text{ M}\Omega}$$

T2	RSET
1 ms	125 kΩ
2 ms	250 kΩ
5 ms	625 kΩ
10 ms	1.25 MΩ

DOC9. Documentation constructeur : LM335

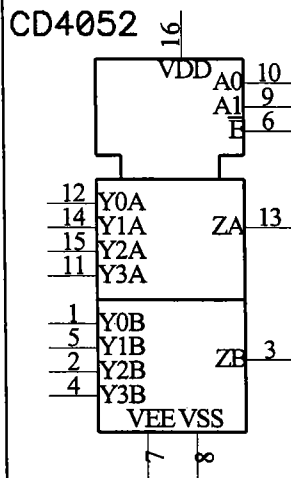


Le LM335 est un capteur de température de précision qui peut être facilement calibré. Il se comporte comme une diode zener. La tension à ses bornes est directement proportionnelle à la température avec un coefficient de $10\text{mV}/^\circ\text{K}$ et descend jusqu'à 0V pour 0°K (-273.15°C).



Paramètres	min	typ	max	Unité
Plage de température	-40		+100	$^\circ\text{C}$
Courant direct Courant inverse			10 15	mA
Tension de sortie nominale à 25°C $I_r=25\text{mA}$	2.92	2.98	3.04	V
Dérive thermique de la tension de sortie		+10		$\text{mV}/^\circ\text{K}$

DOC10. Documentation constructeur : CD4052



Le double multiplexeur/démultiplexeur analogique CD 4052 est composé de commutateurs analogiques d'impédance R_{on} (commutateur fermé) très faible et de courant de fuite I_{off} (commutateur ouvert) très faible. Il est contrôlé par des signaux binaires A0 et A1. L'amplitude des signaux analogiques peut aller jusqu'à 15V crête à crête avec des signaux de contrôle numériques de niveau CMOS ($3\text{--}15\text{V}$).

Table de vérité

Etats d'entrée			Canal sélectionné	
E	A1	A0	ZA	ZB
0	0	0	Y0A	Y0B
0	0	1	Y1A	Y1B
0	1	0	Y2A	Y2B
0	1	1	Y3A	Y3B
0	X	X	Aucun	

Caractéristiques

Paramètre	Conditions (V)			Limite à 25°C			Unité
	VEE	VSS	VDD	min	typ	max	
Courant I_{off} canal fermé	-7.5	0	7.5		± 0.01	± 500	nA
Résistance R_{on} canal fermé	0	0	5				
	-2.5	0	2.5		470	1050	Ω
	0	0	10				
	-5	0	5		180	400	Ω
	0	0	15				
	-7.5	0	7.5		125	240	Ω

DOC11. Tableau de comparaison des CAN*

Désignation	Résolution (bits)	Temps de conversion (μ s)	Tension de référence Vref (V)	Plage de tension d'entrée	Sortie	Prix* (€)
MAX166	8	5	Interne = 1.23V Externe	5V	série	4.20
MAX1242	10	7.5	Interne = 2.5V	Vref	série	3.20
MAX1243	10	7.5	Externe	Vref	série	2.85
MAX1240	12	7.5	Interne = 2.5V	Vref	série	4.48
MAX1241	12	7.5	Externe	Vref	série	3.61
MAX1142	14	6	Interne = 4.096V Externe	0/12V ou \pm 12V	série	17.41
MAX1143	14	6	Interne = 4.096V Externe	0/4.096V ou \pm 4.096	série	17.41
MAX1132	16	4	Interne = 4.096V Externe	0/12V ou \pm 12V	série	23.24
MAX1133	16	4	Interne = 4.096V Externe	0/4.096V ou \pm 4.096	série	23.24

NOTE : On prendra pour les tensions de référence « externes » Vref=5V
 *prix d'après Maxim Integrated Products 2002.

DOC12. Documentation : Interface série asynchrone des microcontrôleurs ATMEL AVR

Les microcontrôleurs de la famille AVR disposent d'une interface série asynchrone UART qui a les caractéristiques suivantes :

- ☞ format de caractère sur 8 ou 9 bits
- ☞ mode full-duplex
- ☞ générateur d'horloge intégré supportant la majorité des vitesses normalisées.
- ☞ gestion des interruptions

L'UART est relié par l'intermédiaire des broches TXD (Donnée Transmise), RXD (Donnée Reçue) et GND (Masse Signaux).

L'octet à transmettre est envoyé bit par bit (poids faible en premier) par l'émetteur sur la ligne TXD, vers le récepteur (ligne RXD) qui le reconstitue.

La vitesse de transmission de l'émetteur doit être identique à la vitesse d'acquisition du récepteur. Ces vitesses sont exprimées en BAUDS. Il existe différentes vitesses normalisées: 9600, 4800, 2400, 1200... Bauds.

Des bits supplémentaires sont indispensables au fonctionnement: bit de début de mot (start) à 0, bit de fin de mot (stop) à 1. D'autre part, l'utilisation éventuelle d'un bit de parité, permet la détection d'erreurs dans la transmission.

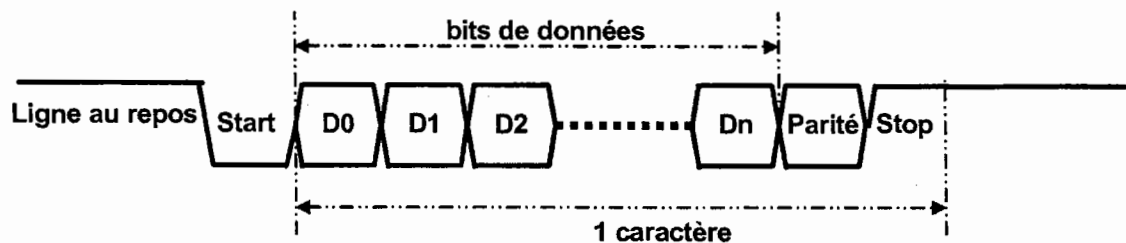


Figure 2 - Transmission d'un caractère sur une liaison asynchrone

Caractéristiques électriques

Symbole	Paramètre	Condition	Min	Typ	Max	Unité
V_{CC}	Tension d'alimentation		2.7		6.0	V
V_{IL}	Tension d'entrée à l'état bas		-0.5		$0.3 V_{CC}$	V
V_{IH}	Tension d'entrée à l'état haut		$0.6 V_{CC}$		$V_{CC} + 0.5$	V
V_{OL}	Tension de sortie à l'état bas	$I_{OL}=20 \text{ mA}, V_{CC}=5\text{V}$ $I_{OL}=10 \text{ mA}, V_{CC}=3\text{V}$			0.6 0.5	V
V_{OH}	Tension de sortie à l'état haut	$I_{OH}=-3 \text{ mA}, V_{CC}=5\text{V}$ $I_{OH}=-1.5 \text{ mA}, V_{CC}=3\text{V}$	4.2 2.3			V

Registres de l'UART

L'UART dispose de 4 registres à 8 bits :

- ☞ un registre de données UDR dans lequel on peut lire le caractère reçu ou écrire le caractère à transmettre
- ☞ un registre d'état USR qui permet de savoir si l'échange en cours est terminé, s'il y a eu des erreurs ou non
- ☞ un registre de contrôle UCR qui permet de configurer le fonctionnement de l'UART
- ☞ un registre de vitesse de transmission UBRR qui permet de régler la vitesse de transmission

Registre UBRR

Il permet de régler la vitesse de transmission V exprimée en Bauds. On détermine la vitesse de transmission grâce à la formule suivante :

$$V = \frac{F_{\text{HORLOGE}}}{16 \cdot (\text{UBRR} + 1)}$$

UBRR étant la valeur contenue dans le registre UBRR et F_{HORLOGE} la fréquence d'horloge du microcontrôleur exprimée en Hertz.

Suite à la page suivante >

Registres UCR et USR

Bit	UCR		USR	
	Nom		Nom	
7	RXCIE	autorise la génération d'interruption provoquée par la réception d'un caractère	RXC	Réception terminée
6	TXCIE	autorise la génération d'interruption provoquée par l'émission d'un caractère	TXC	Transmission terminée
5	UDRIE	autorise la génération d'interruption provoquée par un registre UDR vide	UDRE	UDR vide
4	RXEN	doit être mis à 1 pour valider l'UART en réception (récepteur validé)	FE	Erreur de format
3	TXEN	doit être mis à 1 pour valider l'UART en émission (émetteur validé)	OR	Erreur de débordement
2	CHR9	Format de la transmission 0 = transmission sur 8 bits 1 = transmission sur 9 bits	-	inutilisé
1	RXB8	9 ^{ième} bit reçu	-	inutilisé
0	TXB8	9 ^{ième} bit à émettre	-	inutilisé

DOC13. Documentation : Liaison RS232

Le standard RS232 publié par EIA (Electronic Industry Association). Ce standard décrit :

- ☞ les spécifications mécaniques
- ☞ les spécifications électriques
- ☞ les spécifications fonctionnelles

A l'origine la liaison RS232 était utilisée entre un ordinateur (DTE) et un périphérique (DCE) qui échangeaient leurs informations sous forme série. La communication peut se faire dans les deux sens (duplex), soit émission d'abord, puis réception ensuite (half-duplex), soit émission et réception simultanées (full-duplex).

Le plus souvent, cette liaison est de type asynchrone (sans transmission d'horloge).

Spécifications mécaniques

Cette liaison utilise des connecteurs 25 broches SUB-D mâle pour le DTE, femelle pour le DCE. Dans la pratique on trouve aussi des SUB-D à 9 broches.

Spécifications électriques

- ☞ au 0 logique correspond le niveau de tension $5 V < V < 15 V$ (V_{OL})
- ☞ au 1 logique correspond le niveau de tension $-15 V < V < -5 V$ (V_{OH})
- ☞ niveau entre - 5 V et 5 V n'est pas définie

Ce Codage s'appelle le NRZI : « non retour à zéro inversé ».

Spécifications fonctionnelles

Une liaison peut comporter jusqu'à 25 signaux. Le tableau ci-dessous détaille les principaux. Pour établir une liaison bidirectionnelle (full-duplex), il faut au minimum relier TD, RD et SG

Signal	Description
TD	Donnée transmise
RD	Donnée reçue
SG	Masse signaux
RTS	<i>request to send</i> : demande pour émettre
CTS	<i>clear to send</i> : paré à émettre
DSR	DCE prêt
DTR	DTE prêt

DOC14. Documentation : Circuits d'adaptation TTL-CMOS/RS232

Les circuits ci-dessous permettent d'adapter les niveaux de tension entre des circuits logiques TTL ou CMOS et une liaison au standard RS232. Ces circuits sont tous bidirectionnels TTL/CMOS vers RS232 (émetteur) et RS232 vers TTL/CMOS (récepteur).

Circuit	Nombre d'émetteurs	Nombre de récepteurs	Tension d'alimentation (V)	Protection décharge électrostatique	Boîtiers	Prix (€)
MAX3232E	2	2	3.0 à 5.5	Oui	16/DIP300 16/SOIC300 16/SSOP 20TSOP	2.08
MAX3323E	1	1	3.0 à 5.5	Oui	16/DIP300 16/TSOP	2.90
MAX232A	2	2	5	Non	16/DIP300 16/SO150 20/LCC	1.85
MAX3314E	1	1	± 4.75 à ± 5.25	Oui	8/μMax(μSOP) 8/SO150	1.18
MAX3311E	1	1	4.5 à 5.5	Oui	10/μMax	1.18

DOC15. Documentation : Code ASCII

Le code ASCII sur 7 bits comporte 128 caractères dont les caractères imprimables : lettres, chiffres, signes de ponctuation et des caractères non imprimables aussi appelés caractères de contrôle.

Les caractères de contrôle sont repérés dans le tableau ci-dessous par des cases grisées. Les plus utilisés de ces caractères de contrôle sont : LF (*Line Feed* = saut de ligne) et CR (*Carriage Return* = retour chariot).

Valeur des bits B3 B2 B1 B0 en hexadécimal D0	Valeur des bits B6 B5 B4 en hexadécimal D1							
	0	1	2	3	4	5	6	7
0	NUL	DLE	SP	0	@	P	`	p
1	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q
2	STX	DC2	"	2	B	R	b	r
3	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s
4	EOI	DC4	\$	4	D	T	d	t
5	ANQ	NAC	%	5	E	U	e	u
6	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v
7	BEL	ETB		7	G	W	g	w
8	BS	CAN	(	8	H	X	h	x
9	HT	EM	)	9	I	Y	i	y
A	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z
B	VY	BSC	+	;	K	[	k	{
C	FF	BS	,	<	L	\	l	:
D	CR	GS	-	=	M	]	m	}
E	SO	RS	.	>	N	^	n	~
F	SI	US	/	?	O	_	o	DEL

Un caractère ASCII est codé en binaire sur 7 bits B6 B5 B4 B3 B2 B1 B0, ce qui correspond en hexadécimal à deux digits D1 D0. Pour bien lire le tableau, il faut construire le code hexadécimal en prenant d'abord le digit de la ligne D1, puis le digit de la colonne D0. Par exemple, la lettre "n" a pour code hexadécimal 6E.