

Objectif:

- ⇒ Découverte de la transmission intégrale et de quelques spécificités des transmissions dans les véhicules industriels.
- ⇒ Application des principes cinématiques des trains épicycloïdaux.

Travail demandé:

En plus des présents documents, on donne un diaporama comportant toutes les données techniques utiles ainsi que de nombreuses illustrations décrivant la structure des différents composants:
 Vous copierez le diaporama dans votre espace personnel de travail depuis l'Atelier "AFSM_STS-1_Dorbe":

/Commun/TP BTS/TP Transmission 6x6 Scania/ TP Transmission 6x6 Scania.ppt

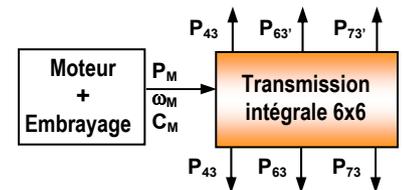


Au fur et à mesure du présent questionnaire, vous accéderez aux numéros des diapositives citées, en mode "trieuse de diapositive" (voir ci-dessus: ). Visionnez toujours les diapositives en mode "diaporama" (voir ci-dessus: ).

On demande de compléter les présents documents et de rédiger vos réponses sur feuille de copie lorsque c'est précisé (vous reporterez le numéro des questions). Vous rendrez tous les documents, même vierges.

0. MISE EN SITUATION

Le système étudié est la transmission intégrale d'un camion de chantier à 6 roues motrices. Seules les deux roues avant sont motrices et directrices. Les éléments de la transmission étudiés vont de la boite de vitesse jusqu'aux roues. Le moteur et l'embrayage sont donc exclus de l'étude.



L'objectif est ici de caractériser la fonction, le fonctionnement ainsi que la loi entrée/sortie cinématique, voire dynamique, de chaque composant de la transmission. A noter que chacun d'eux comporte au moins un train épicycloïdal (il n'y a pas moins de 12 trains épicycloïdaux en tout).



1. DESCRIPTION STRUCTURELLE ET PARAMETRAGE CINEMATIQUE

Le schéma cinématique page suivante décrit la structure, les caractéristiques, le fonctionnement ainsi que le paramétrage cinématique de l'ensemble de la transmission intégrale. C'est l'outil de description principal auquel vous vous référerez tout au long de cette étude.

Q0) Prenez connaissance de la désignation des principaux éléments (boite, doubleur, différentiel, etc...) puis, compléter ci-dessous le schéma-bloc paramétré de la transmission du moteur à la roue avant droite.

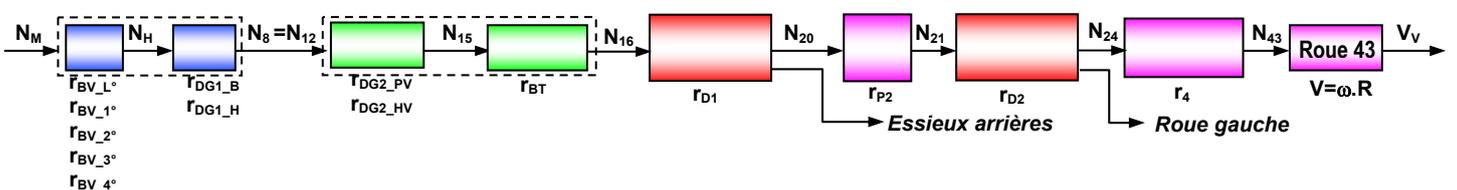
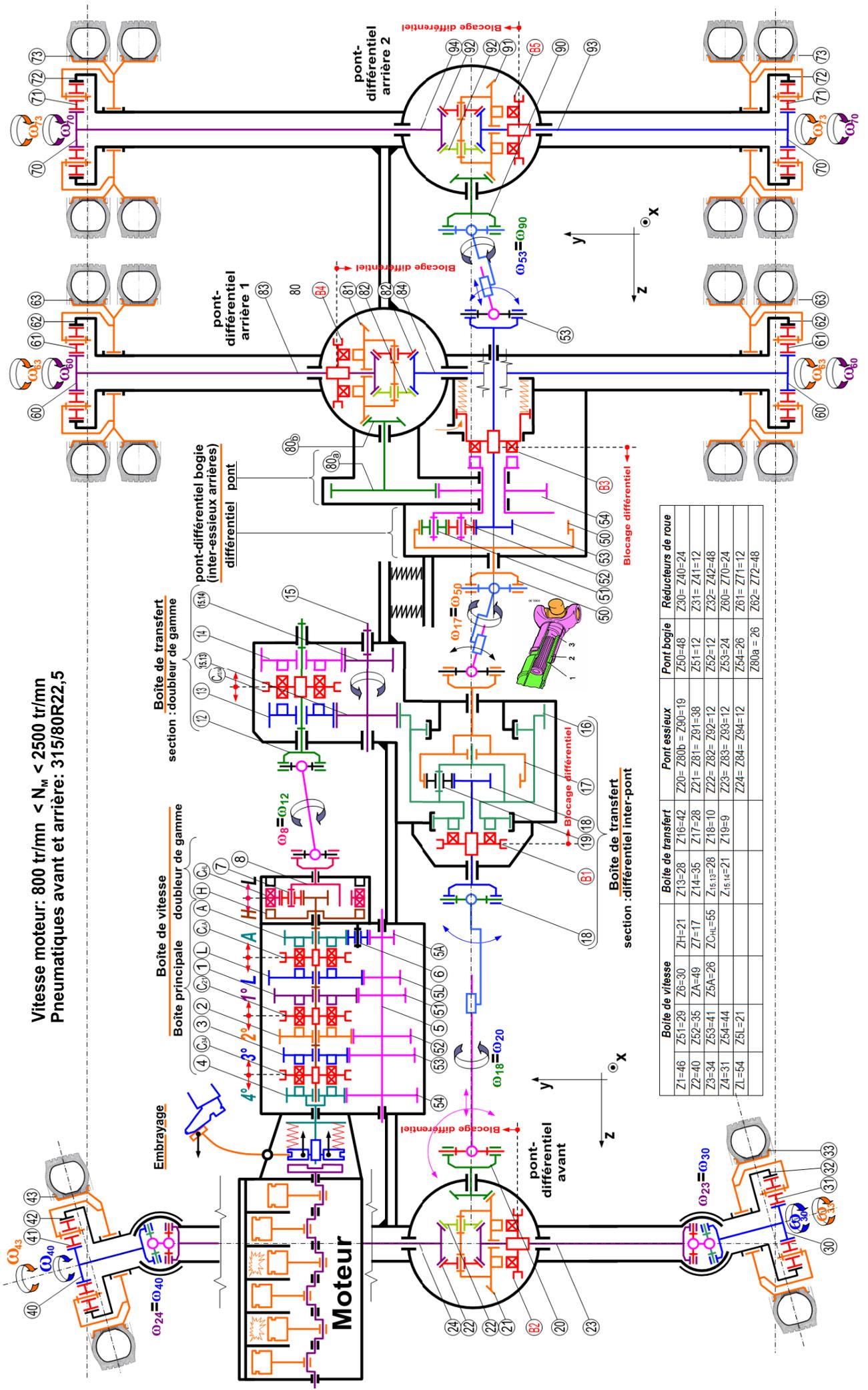


Schéma cinématique

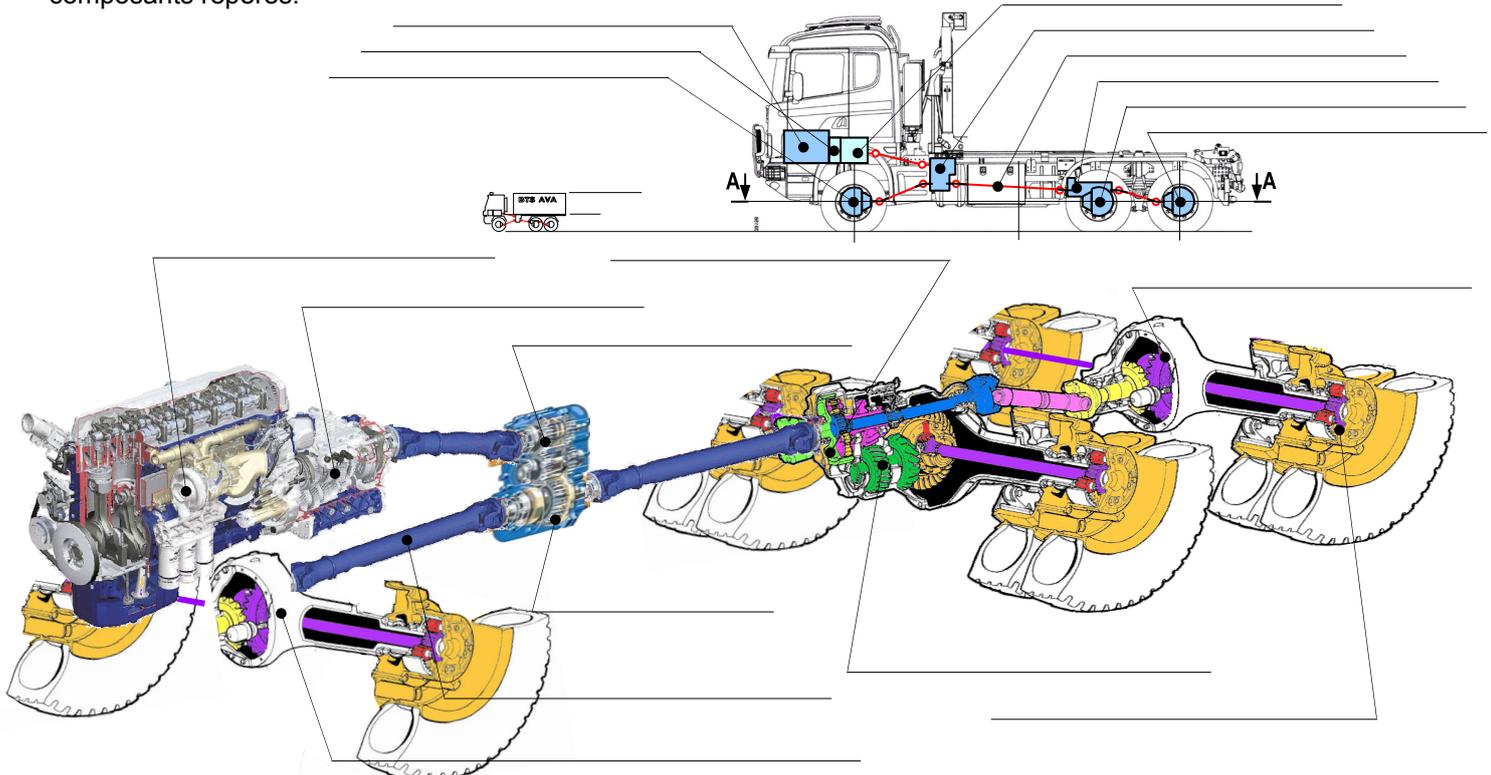


Vitesse moteur: 800 tr/mn N_M <math>< 2500</math> tr/mn
 Pneumatiques avant et arrière: 315/80R22,5

Boîte de vitesse		Boîte de transfert		Pont essieux		Pont bogie		Reducteurs de roue	
Z1=46	Z51=29	Z6=30	ZH=21	Z13=28	Z16=42	Z20= Z80b = 290=19	Z50=48	Z30= Z40=24	
Z2=40	Z52=35	ZA=49	ZI=17	Z14=35	Z17=28	Z21= Z81 = 291=38	Z51=12	Z31= Z41=12	
Z3=34	Z53=41	Z5A=26	ZC _{HL} =55	Z15,15=28	Z18=10	Z22= Z82 = 292=12	Z52=12	Z32= Z42=48	
Z4=31	Z54=44			Z15,14=21	Z19=9	Z23= Z83 = 293=12	Z53=24	Z80= Z70=24	
ZL=54	Z5L=21					Z24= Z84 = 294=12	Z54=26	Z61= Z71=12	
							Z80a = 26	Z62= Z72=48	

Vous pouvez dès à présent parcourir brièvement le diaporama (dans son intégralité et en mode diaporama ). Il n'est pas utile de tout comprendre tout de suite.

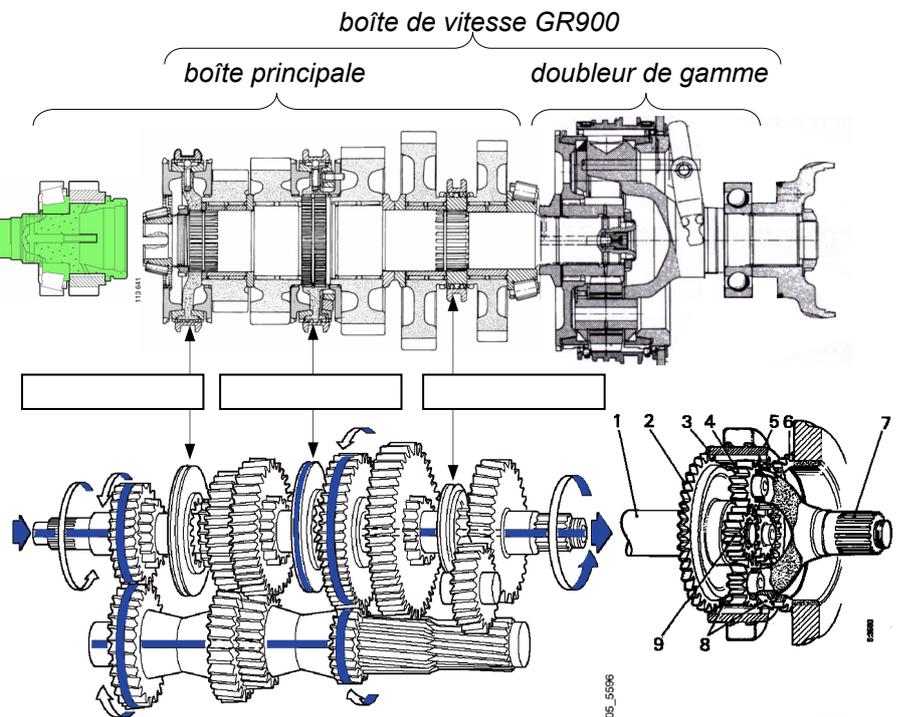
Q1) A partir du schéma cinématique page précédente, précisez sur les deux figures ci-dessous le nom des composants repérés.



2. ANALYSE DE LA BOITE DE VITESSE GR900.

Description:

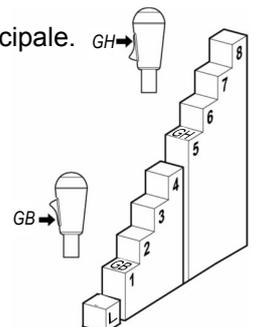
La GR900 est une boîte de vitesses qui se compose d'une boîte principale à 4 rapports + rapport extra-lent (+ marche arrière) et d'un doubleur de gamme à train planétaire. Le doubleur de gamme offre deux rapports de réduction qui, en série avec la boîte principale, constitue deux gammes de rapports, une gamme basse et une gamme haute. On commence donc par parcourir le registre de la boîte principale sur la gamme basse du doubleur à train planétaire avant de poursuivre sur la gamme haute. En gamme basse (et pas en gamme haute), on a en outre accès à un rapport extra-lent dans la boîte principale.



Q2) A partir du schéma cinématique page 2, indiquer ci-dessus le repère des crabots de la boîte principale. GH →

Q3) A partir du schéma cinématique page 1, préciser pour les figures A à F des diapos n° 9 et 10, le numéro du rapport de boîte GR900 engagé (1°, 2°, ..., marche arrière, extra-lente).

figure	A	B	C	D	E	F
rapport			3° et 7°			



Q4) En déduire le nombre de rapport de vitesse en marche avant et en marche arrière de la boîte GR900 seule, doubleur de gamme DG1 compris.

⇒ Boite GR900 à ___ rapports en marche avant et ___ rapports en marche arrière.

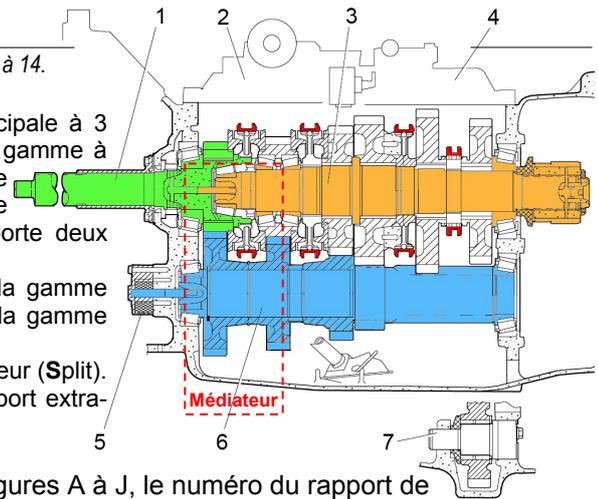
Q5) Hormis la présence du doubleur de gamme à train planétaire, quelle différence notable remarquez-vous entre ce type de boîte de vitesse et celui qu'on rencontre habituellement sur les véhicules particuliers (modus, 306, etc...)?

⇒ _____

3. ANALYSE DE LA BOITE DE VITESSE GRS900.

Attention: Pour cette version de boîte de vitesse, vous ne disposez que des diapositives n° 11 à 14.

La GRS900 est une boîte de vitesses qui se compose d'une boîte principale à 3 rapports avec médiateur intégré + rapport extra-lent et d'un doubleur de gamme à train planétaire (Range). La boîte de vitesses est du type «doubleur de gamme-médiateur» (Range-Split). Cela signifie que la boîte principale offre des rapports rapprochés tandis que le train planétaire (doubleur) comporte deux gammes de rapports, une gamme basse et une gamme haute. On commence donc par parcourir le registre de la boîte principale sur la gamme inférieure du doubleur, appelée gamme basse, avant de poursuivre sur la gamme supérieure appelée gamme haute. On peut ensuite diviser une nouvelle fois chaque rapport à l'aide du médiateur (Split). En gamme basse (et pas en gamme haute), on a en outre accès au rapport extra-lent que l'on peut diviser à l'aide du médiateur.

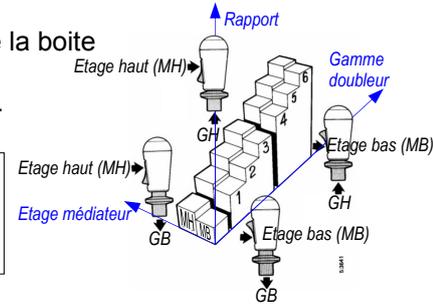


Q6) Exclusivement à partir des diapos n° 11 à 14, préciser pour les figures A à J, le numéro du rapport de la boîte GRS900 engagé (1°, 2°, ..., marche arrière, extra-lente). GH/GB pour Gamme Haute/Basse de doubleur.

figure	A	B	C	D	E
médiateur	Etage haut	Etage haut			
rapport	Extra-lent	1° (GB)et 4° (GH)			
figure	F	G	H	I	J
médiateur			Etage bas		
rapport			3° (GB)et 6° (GH)		

Q7) En déduire le nombre de rapport de vitesse en marche avant et en marche arrière de la boîte GRS900 seule, doubleur de gamme DG1 compris.

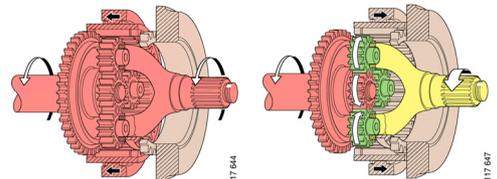
⇒ Boîte GRS900 à ___ rapports en marche avant et ___ rapports en marche arrière.
 ⇒ Justification:



4. ANALYSE DU DOUBLEUR DE GAMME A TRAIN PLANETAIRE DE LA BOITE DE VITESSE GR900.

Q8) Sur feuille de copie, à partir du schéma cinématique et des diapositives n°15 à 19, expliquer brièvement le fonctionnement du doubleur de gamme puis, montrer que les rapports du doubleur sont:

⇒ En gamme haute: $r_{DG1-H} = 1$ ⇒ En gamme basse: $r_{DG1-B} = 1/3,62$



Q9) Soit N_{8min} , la vitesse minimum possible en sortie de boîte GR900, en conduite tout terrain si le moteur tourne à $N_M = 800$ tr/mn. Sur feuille de copie, montrer que $N_{8min} = 60,56$ tr/mn. Raisonement souhaité avant tout calcul.

Q10) Soit N_{8max} , la vitesse maximum possible en sortie de boîte GR900, en conduite sur route si le moteur tourne à $N_M = 2500$ tr/mn. Sur feuille de copie, montrer que $N_{8max} = 2500$ tr/mn. Raisonement souhaité avant tout calcul.

5. ANALYSE DE LA BOITE DE TRANSFERT GTD800: DOUBLEUR DE GAMME DG2

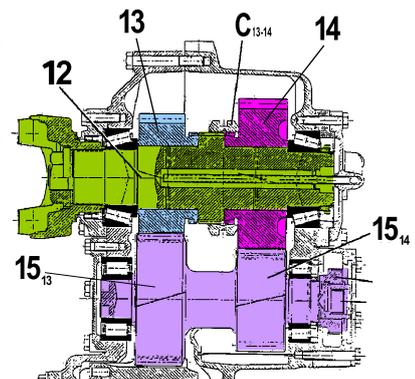
Q11) A partir des diapositives 20 à 24, décrire sur feuille de copie la (ou les) fonctions du doubleur de la boîte de transfert (boîte de répartition).

Q12) Sur feuille de copie, à partir du schéma cinématique, déterminer les rapports petite vitesse r_{DG2-PV} et haute vitesse r_{DG2-HV} .

Q13) Sachant que sur la boîte de vitesses GR900, le rapport extra-lent L ne doit pas être utilisé avec la haute vitesse de la boîte de transfert, déterminer le nombre de rapports de vitesse dont dispose le conducteur au total.

Q14) Soit N_{15min} , la vitesse minimum possible en sortie de doubleur de gamme DG2, en conduite tout terrain si le moteur tourne à $N_M = 800$ tr.mn⁻¹. Sur feuille de copie, montrer que $N_{15min} = 60.56$ tr.mn⁻¹. Voir schéma bloc paramétré diapositive n° 27.

Q15) Soit N_{15max} , la vitesse maximum possible en sortie de doubleur de gamme DG2, en conduite sur route si le moteur tourne à $N_M = 2500$ tr.mn⁻¹. Sur feuille de copie, montrer que $N_{15max} = 4166$ tr.mn⁻¹.



Dans la partie 1, vous avez caractérisé le fonctionnement et les lois entrée-sortie cinématiques du moteur à la boîte de transfert, partie de la transmission intégrale dont l'architecture est de type "série": la sortie d'un composant devient la sortie du suivant, les rapports de transmissions se multiplient. Rien de nouveau.

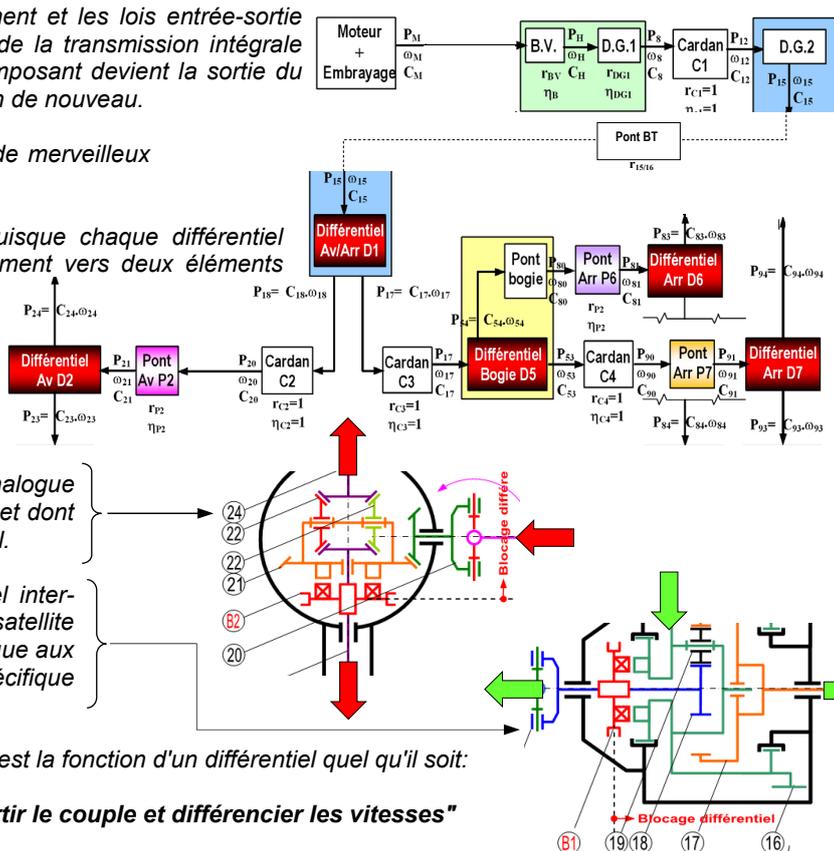
Dés cette étape de l'analyse, vous entrez dans le monde merveilleux du différentiel. Vous allez découvrir :

⇒ une architecture cinématique de type "parallèle" puisque chaque différentiel répartit la puissance d'un élément moteur parallèlement vers deux éléments récepteurs.

⇒ les trains épicycloïdaux à une entrée et deux sorties, dont il faudra caractériser la relation cinématique.

⇒ les trains épicycloïdaux de deux types:

- ✓ Le différentiel sphérique d'essieu (D2, D6 et D7) analogue à ceux qu'on trouve sur les véhicules particuliers et dont l'analyse est développée dans le TP du différentiel.
- ✓ Le différentiel plan à simple satellites (différentiel inter-pont D1) et le différentiel plan à double satellite (différentiel de bogie D5), le premier étant spécifique aux transmissions intégrales et le second étant spécifique aux véhicules industriels.



Dans tous les cas, ce que vous devez garder à l'esprit, c'est la fonction d'un différentiel quel qu'il soit:

"Transmettre et adapter la puissance, répartir le couple et différencier les vitesses"

6. ANALYSE DE LA BOITE DE TRANSFERT GD800: DIFFERENTIEL INTER-PONTS

Répondre sur feuille de copie.

Q16) Qu'illustrent les diapositives 31 et 32 vis-à-vis de la fonction énoncée ci-dessus?

Visualisez les diapositives n° 25 à 27 sur la gestion de la transmission intégrale.

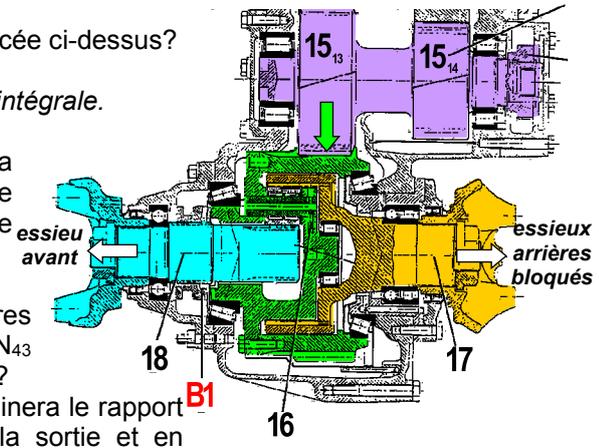
Q17) En supposant le véhicule en conduite tout-terrain, en montée à la vitesse minimum (N_{15min} ; cf Q13). Si l'essieu avant perd toute adhérence et que le différentiel inter-ponts n'est pas bloqué, que se passe-t-il? Voir diapo n°25, vidéo de 4'25" à 4'55" sur 5'11".

Q18) Dans les mêmes conditions et en supposant les 2 essieux arrières bloqués par l'adhérence au sol, à quelle vitesse $N_{33}=N_{43}$ (différentiel D2 bloqué) les roues de l'essieu avant patinent-elles?

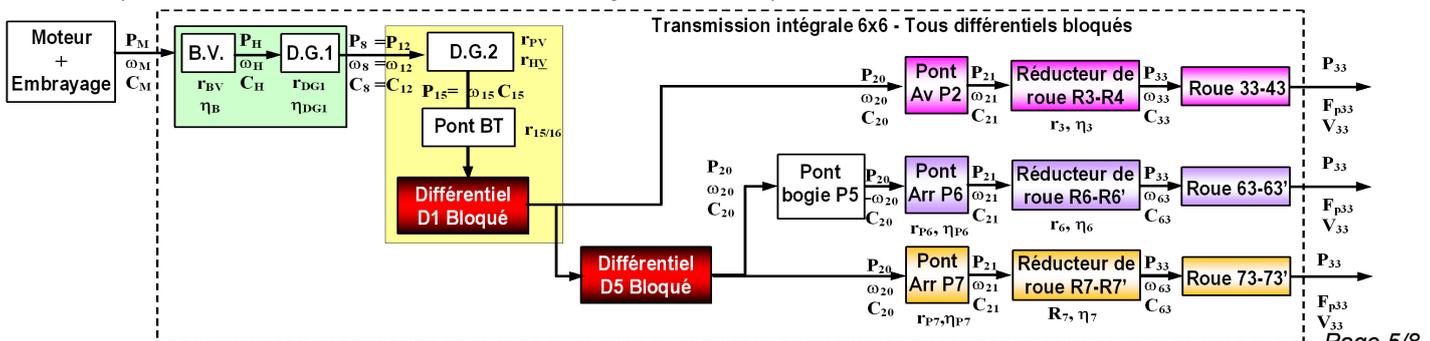
On donne le rapport de réducteur de roue: $r_3=r_4=1/3$. On déterminera le rapport de réduction du train épicycloïdal D1 en précisant l'entrée, la sortie et en justifiant l'élément bloqué.

Q19) On bloque maintenant le différentiel inter-ponts (D1 ci-contre) par le baladeur B1. Décrire sa position et son action sur les éléments du différentiel.

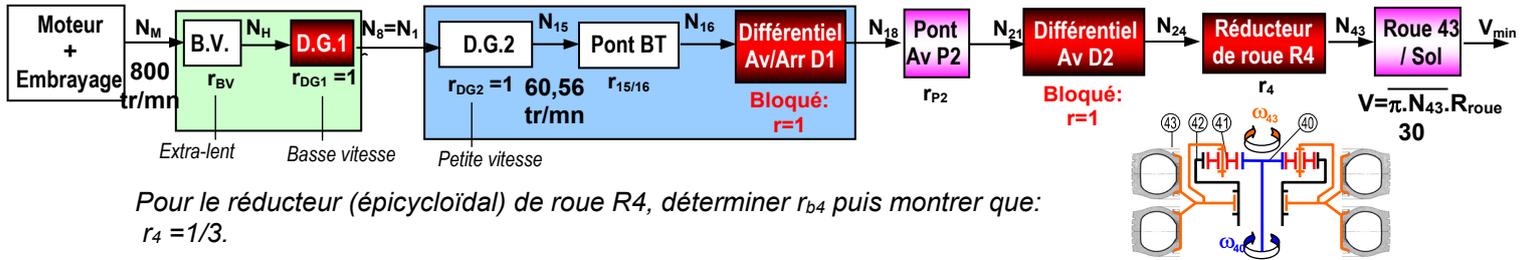
Q20) En supposant que tous les différentiels sont bloqués, que $N_{15}=N_{15min}= 60,56 \text{ tr.mn}^{-1}$ et qu'aucune roue ne patine, montrer que la vitesse d'avance du véhicule est $V_{min}= 1,36 \text{ km.h}^{-1}$.



Rq: Toutes les roues tournent à la même vitesse et reçoivent la même puissance.



On peut donc déterminer la vitesse du véhicule à partir de la vitesse de rotation de n'importe quelle roue. Pour la roue avant droite par exemple (roue 43), la chaîne cinématique est:



Pour le réducteur (épicycloïdal) de roue R4, déterminer r_{b4} puis montrer que: $r_4 = 1/3$.

Q21) Le véhicule roule en ligne droite sur l'asphalte, tous les différentiels sont libres. $N_{15}=N_{15max}=4166 \text{ tr.mn}^{-1}$, aucune roue ne patine. Montrer que la vitesse d'avance du véhicule est $V_{max}=93,8 \text{ km.h}^{-1}$.

Q22) Montrer que $N_{16} = (28/38) N_{17} + (10/38) N_{18}$.

Pour cela, déterminer dans l'ordre:

$\Rightarrow r_{b1} = \omega_{17/16} / \omega_{18/16}$

\Rightarrow Composer les vitesses par rapport au bâti 0 (aucun élément n'est bloqué ici!).

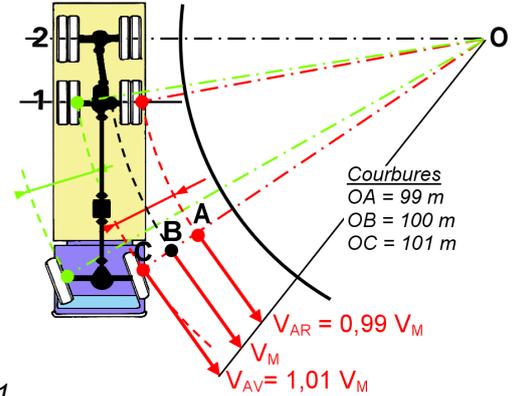
Q23) Déterminer N_{17} et N_{18} :

\Rightarrow en ligne droite: $N_{17} = N_{18}$ ($N_M=2500 \text{ tr.mn}$, $N_{15max}=4166 \text{ tr/mn}$)

\Rightarrow en courbe: $N_{17} < N_{18}$

La différence de vitesse de rotation relative essieu avant/essieu arrière est de 2% ($N_M=2500 \text{ tr.mn}$, $N_{15max}=4166 \text{ tr/mn}$).

Soit: $V_{AR}/V_{AV} = N_{17} / N_{18} = 99/101$



Analyse de la répartition du couple:

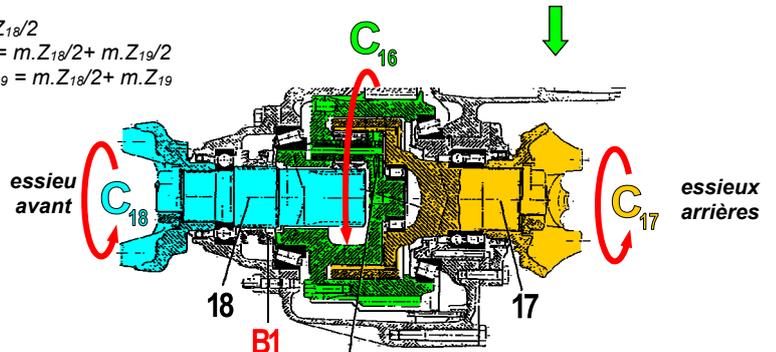
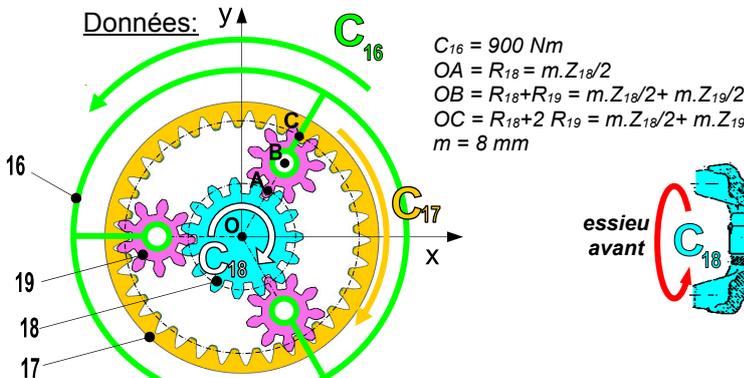
toujours sur feuille de copie

Hypothèse: Toute liaison parfaite, tout rendement égal à 1.

La répartition de couple avant/arrière que procure le différentiel inter-pont D1 est d'environ 26% avant / 74% arrière.

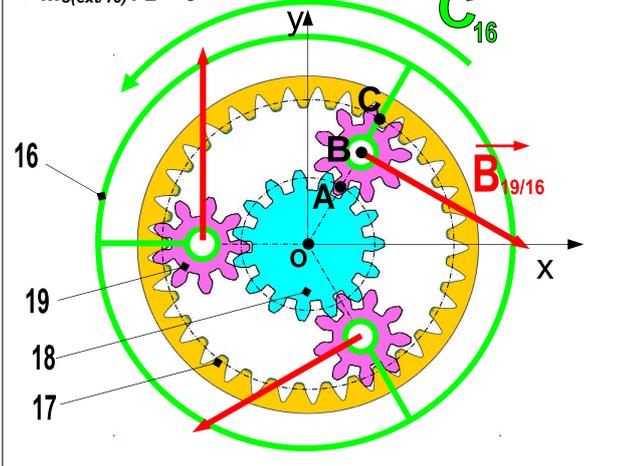
Q24) En quoi cela est-il cohérent avec ce qu'illustre la diapositive n°32 (voir question 16)?

Q25) Montrer que $C_{17} = C_{16} (28/38)$ et $C_{18} = C_{16} (10/38)$ en isolant successivement 16, 19, 18 puis 17.



Porte-satellites 16 isolé:

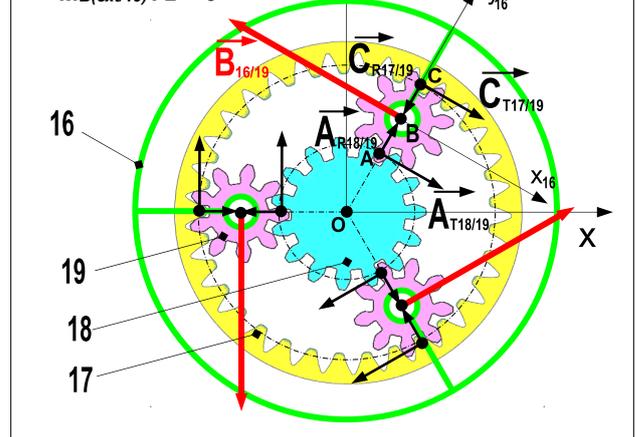
$\Rightarrow M_{O(ext/16)} \cdot \vec{z} = 0$



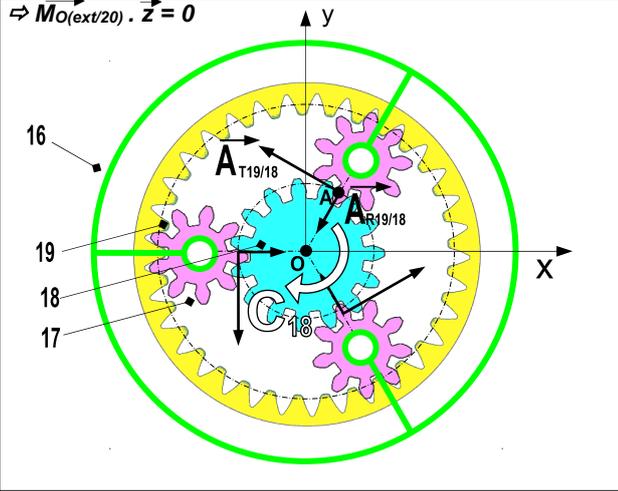
Satellite 19 isolé:

$\Rightarrow R_{(ext/19)} \cdot x_{16} = 0$

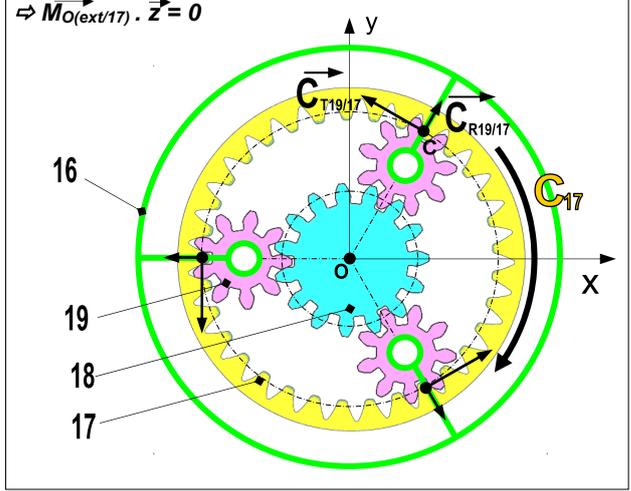
$\Rightarrow M_{B(ext/19)} \cdot \vec{z} = 0$



Planétaire 18 isolé



Planétaire 17 isolé:



Rq: on peut par ailleurs montrer que $C_{17} = -C_{18}/r_{b1} = C_{18}/(r_{b1}-1)$ avec ici $r_{b1} = -Z_{18}/Z_{17}$

Cette relation qui donne la relation entre les couples dans le train épicycloïdal est valide, quelque soit le train de type I. Elle s'écrit de façon générale:

$C_{Pl,ext} = -C_{Pl,int}/r_b = C_{Ps}/(r_b - 1)$

formule de Ravigneaux

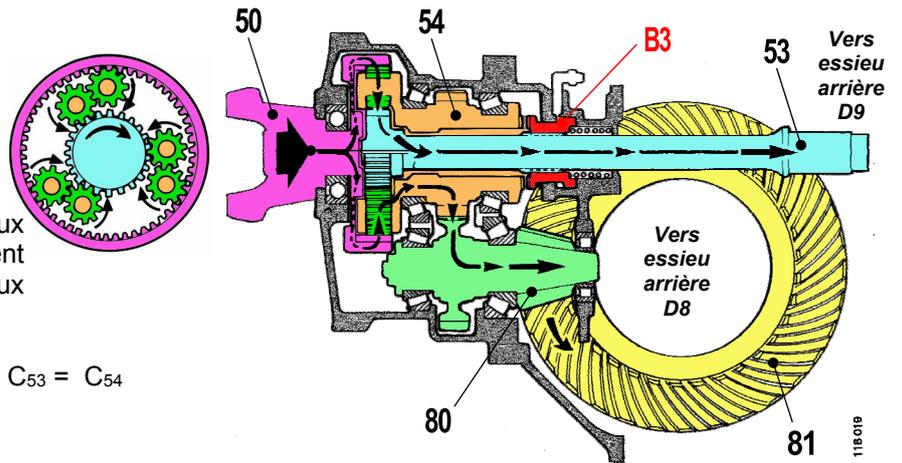
7. ANALYSE DU DIFFERENTIEL DE BOGIE D5 (INTER-ESSIEUX ARRIERES)

Répondre sur feuille de copie.

Q26) Sachant que la raison basique est $r_{b5}=+1/2$, montrer que;
 $\Rightarrow 2 \omega_{50} = \omega_{53} + \omega_{54}$

Q27) En appliquant la formule de Ravigneaux ci-dessus, déterminer en % comment sont répartis les couples entre les deux essieux arrières.

\Rightarrow On montrera pour cela que $2 C_{50} = C_{53} = C_{54}$



7. ANALYSE DU DIFFERENTIEL D'ESSIEU ARRIERE D9

Répondre sur feuille de copie.

Q28) Sachant que la raison basique est $r_{b9}=-1$, montrer que: $2 \omega_{91} = \omega_{93} + \omega_{94}$

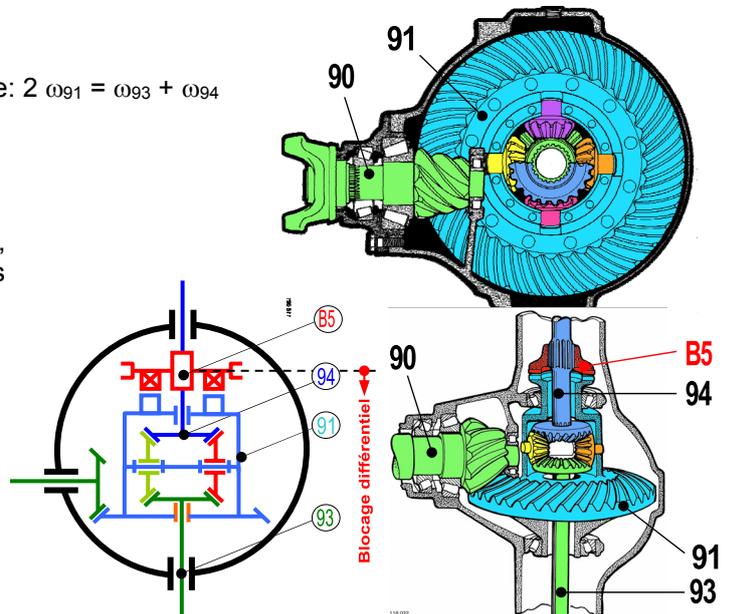
Remarquez que la loi cinématique est analogue à celle de différentiel précédent.

Q29) En appliquant la formule de Ravigneaux ci-dessus, déterminer en % comment sont répartis les couples entre les deux roues gauche et droite.

\Rightarrow On montrera pour cela que $2 C_{91} = C_{93} = C_{94}$

Remarquez là encore que la loi dynamique est analogue à celle de différentiel précédent.

Q30) Justifiez cette similarité.



SYNTHESE

On donne la liste des commandes de différentiel présentes sur le tableau de bord.

 Petite vitesse de la boîte de transfert.

 Blocage de différentiel de la boîte de transfert.

 Blocage de différentiel de l'essieu avant.

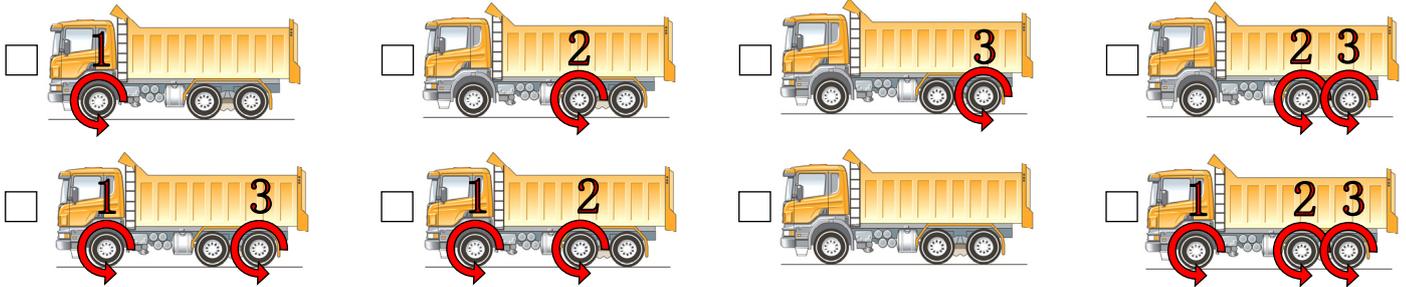
 Blocage de différentiel entre les ponts arrière.
Toutes roues arrière motrices (entraînement tandem).

 Blocage de différentiel des ponts arrière.
Ceci bloque les deux ponts arrière.

 Mécanisme de désengagement des roues motrices.
Ne s'utilise que lors des remorquages.

S1) La traction intégrale est-elle permanente?

Cochez les configurations possibles quant à la motricité des essieux repérés 1, 2 et 3:



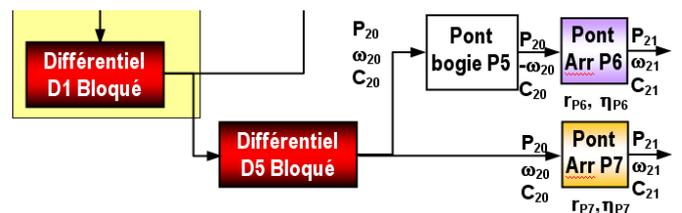
S2) Reporter ci-dessous le repère donné sur le schéma cinématique page 2 du composant commandé par chaque interrupteur puis, préciser leurs conditions d'utilisation (conduite tout-terrain, sur asphalté, perte d'adhérence avant/arrière/gauche/droite, trajectoire rectiligne ou courbe, remorquage, ...).

Interrupteur	repère	Conditions d'utilisation	interrupteur	repère	Conditions d'utilisation
					
					
					

S4) Vérifier la compatibilité des sens de rotation des roues jusqu'au moteur.

Vous expliquerez en particulier quelle disposition des deux ponts arrière P6 et P7 (pourtant identiques) permet d'obtenir des sens de rotation identiques en sortie ($+\omega_{21}$) alors que les sens sont différents à l'entrée ($-\omega_{20}$ pour P6 et $+\omega_{20}$ pour P7).

Si le schéma cinématique page 2 ne suffit pas, consulter la diapositive n°40.



S5) Préciser dans quelles conditions le blocage des différentiels peut être commandé (voir animation flash).

- En marche
- En ligne droite
- En marche avant
- Sur grande vitesse de DG2
- A l'arrêt
- En virage
- En marche arrière
- A petite vitesse de DG2

