

**Lycée professionnel Gaston Barré**

**Baccalauréat professionnel**

**MAINTENANCE des VEHICULES AUTOMOBILES**

**SESSION 2013-2014**

## **Le différentiel**

**Nom :** .....

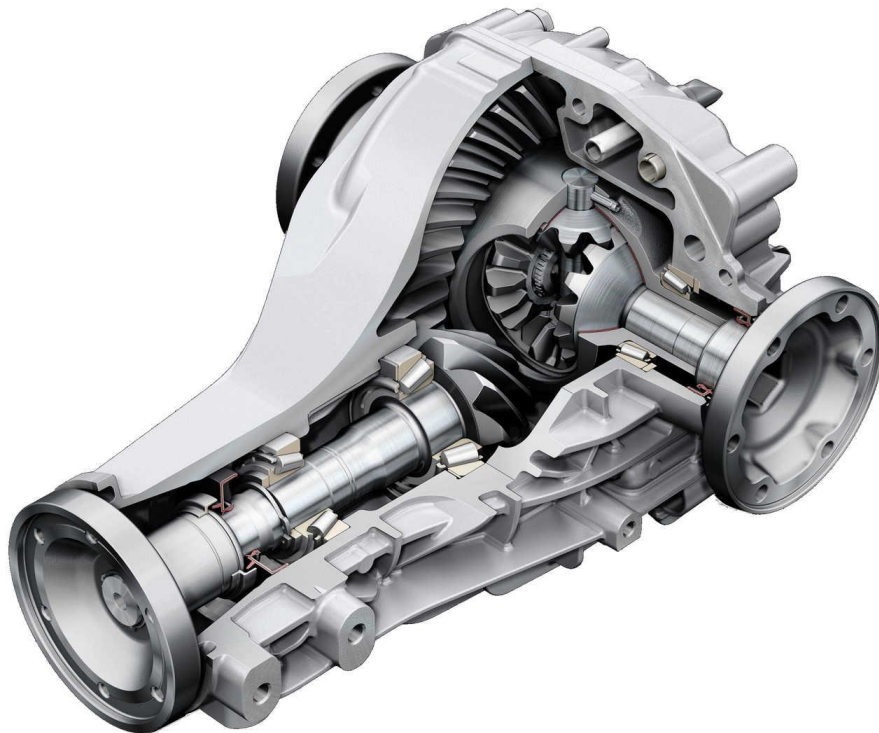
**Prénoms :** .....



### 1- Introduction

Un différentiel est un système mécanique qui a pour fonction de distribuer une vitesse de rotation par répartition de l'effort cinématique, de façon adaptative, immédiate et automatique, aux besoins d'un ensemble mécanique.

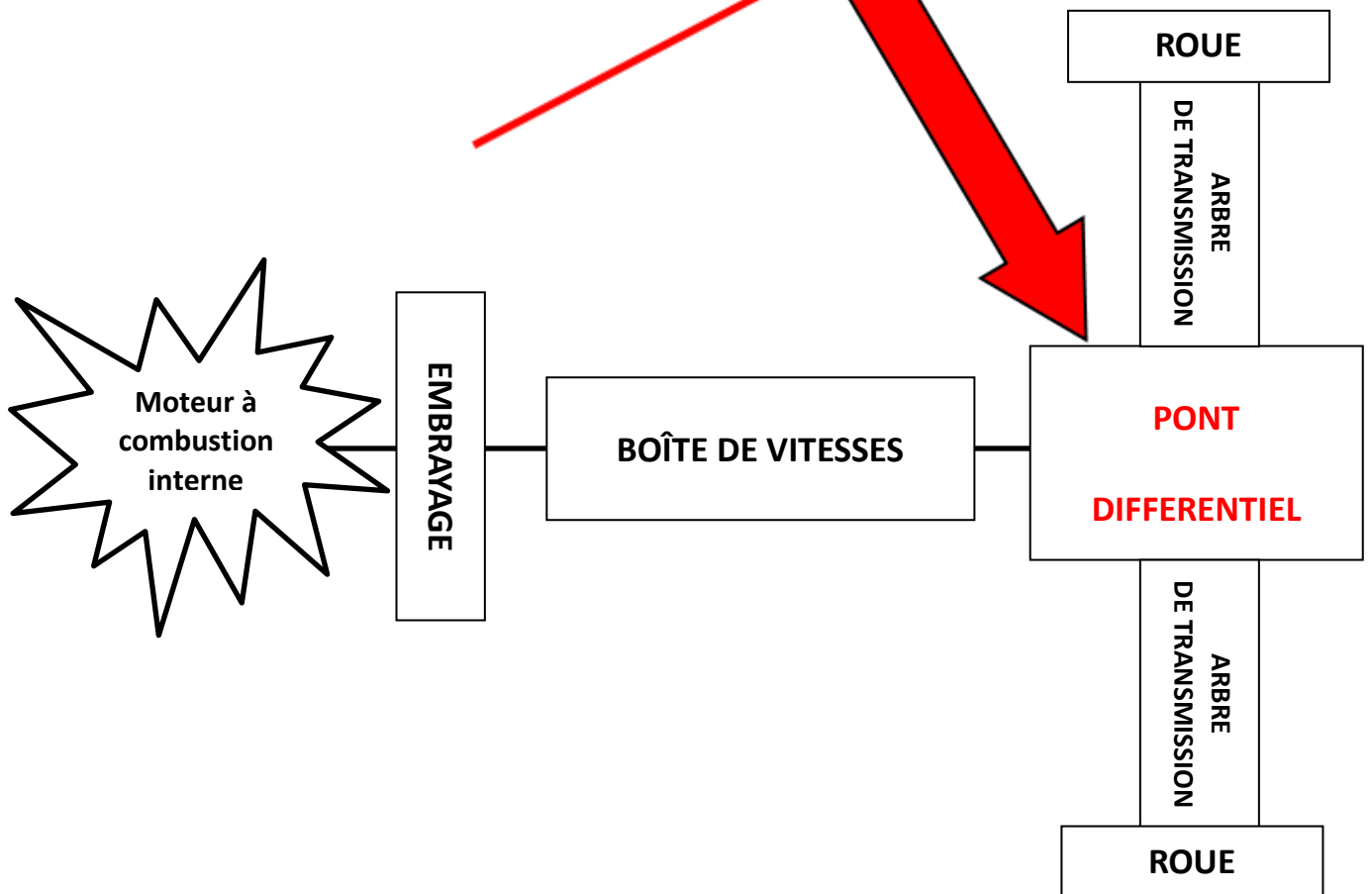
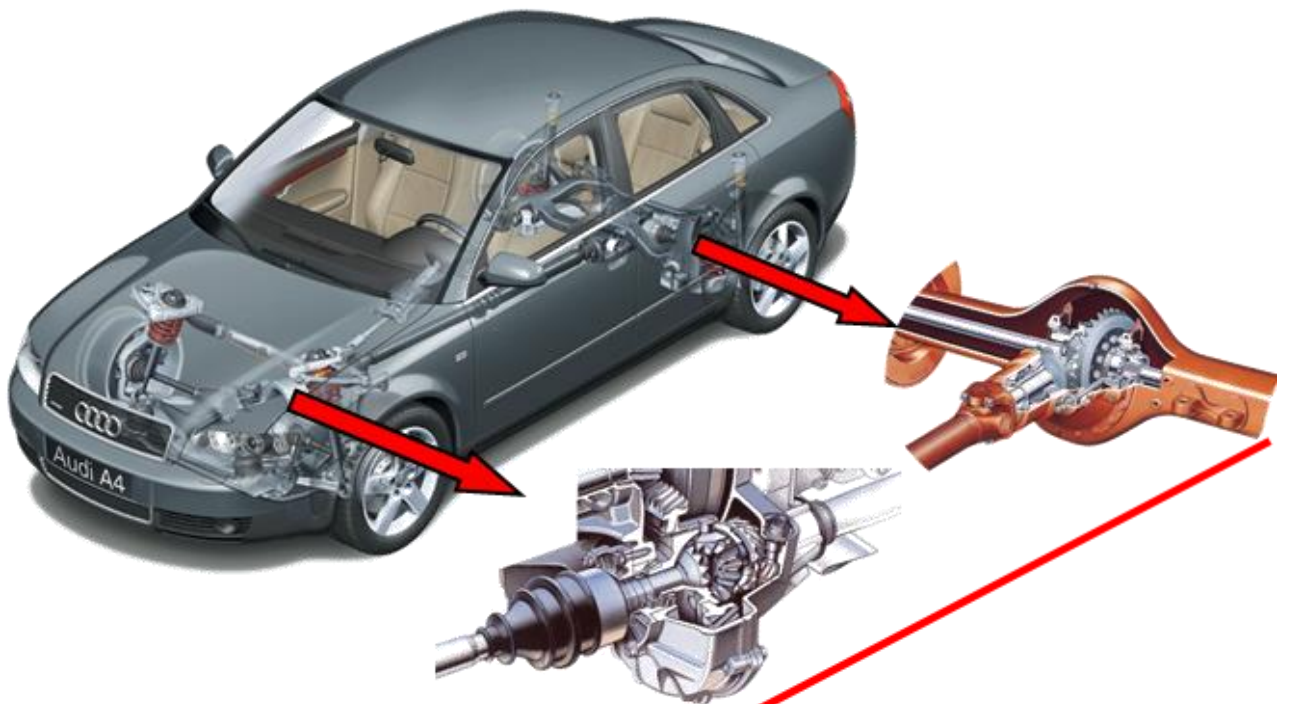
Par exemple, il est très utile sur un véhicule automobile où il permet aux roues motrices de tourner à des vitesses différentes lors du passage d'une courbe : les roues situées à l'extérieur du virage tournent plus vite que celles situées à l'intérieur.



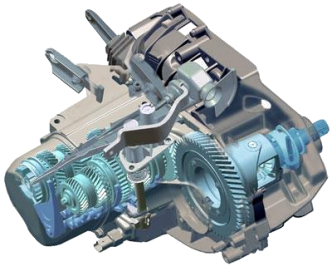
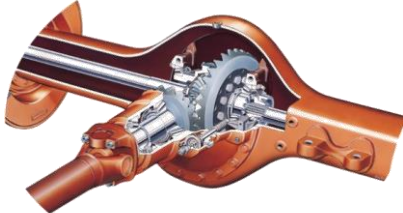
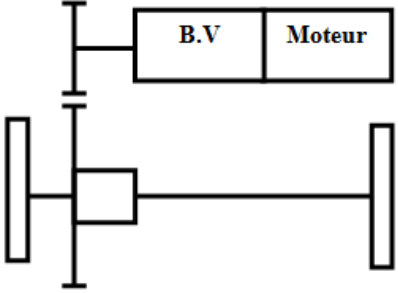
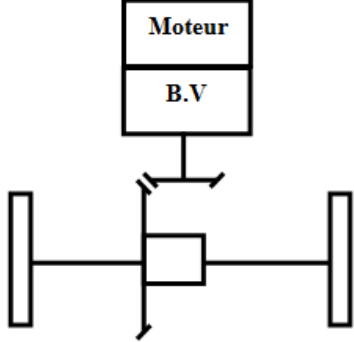
Couple conique et différentiel arrière d'Audi A8 dans leur carter

Le différentiel mécanique fut inventé en 1827 par le mécanicien français Onésiphore Pecqueur (1792-1852). Il fut employé dès 1860 sur les premiers véhicules routiers à vapeur.

2- Frontière d'étude du système et chaîne cinématique



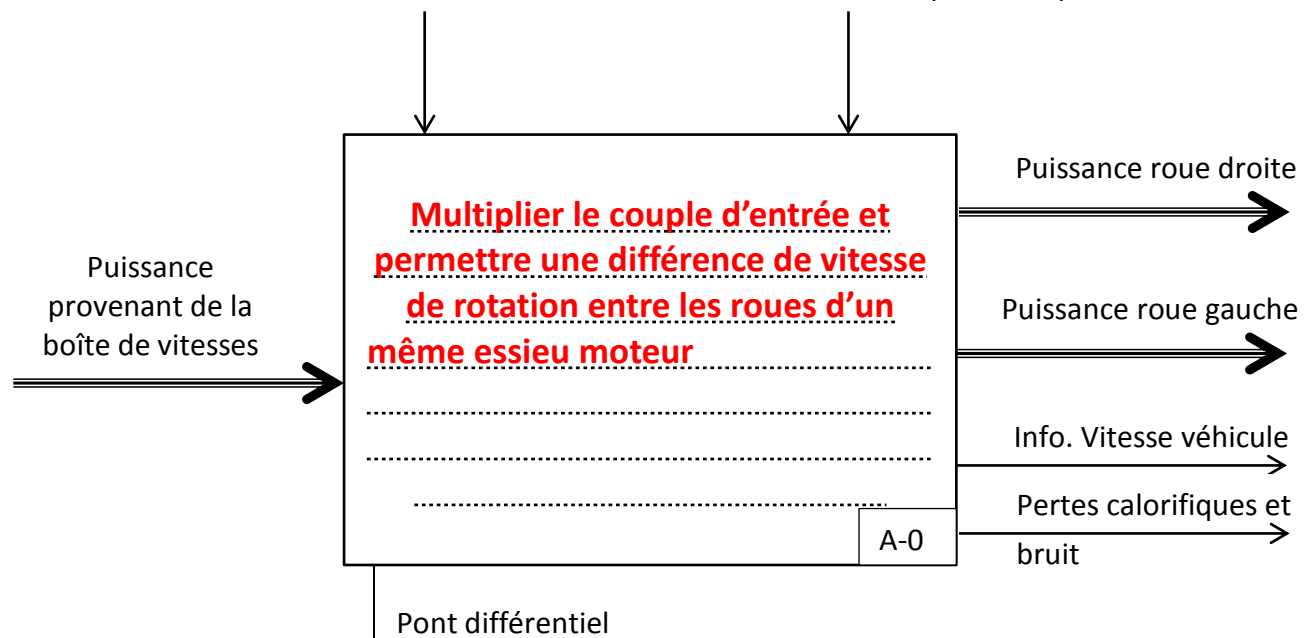
3- Les différents montages

	
	
<p><b>Renvoi parallèle cylindrique</b></p>	<p><b>Renvoi parallèle conique</b></p>

4- Fonction globale

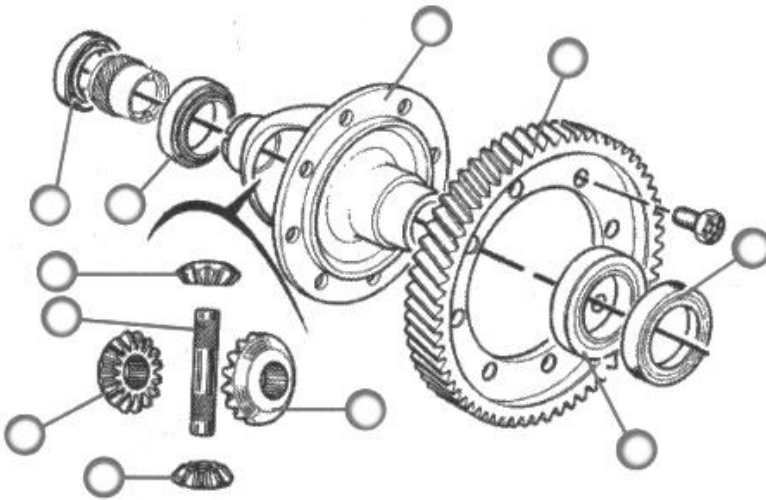
Différence d'adhérence des roues G et D

Différence de distance à parcourir par les roues G et D



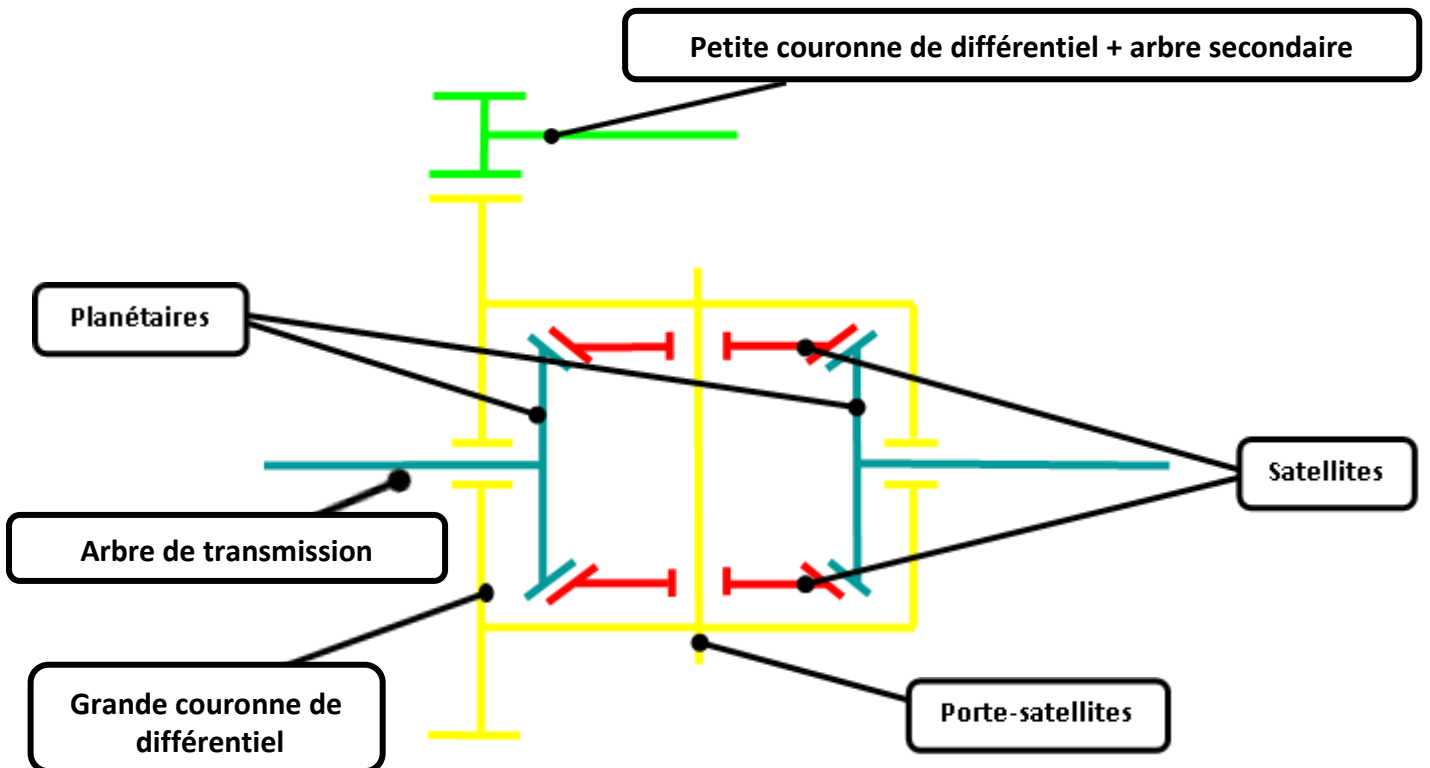
5- Les éléments constitutifs

Éclaté en 3 dimensions



N°	Nom des éléments
1	Porte-satellites
2	Couronne
3	Planétaires
4	Boîtier de différentiel
5	Roulement à rouleaux coniques
6	Joint d'étanchéité à lèvres
7	Satellites

Schéma cinématique



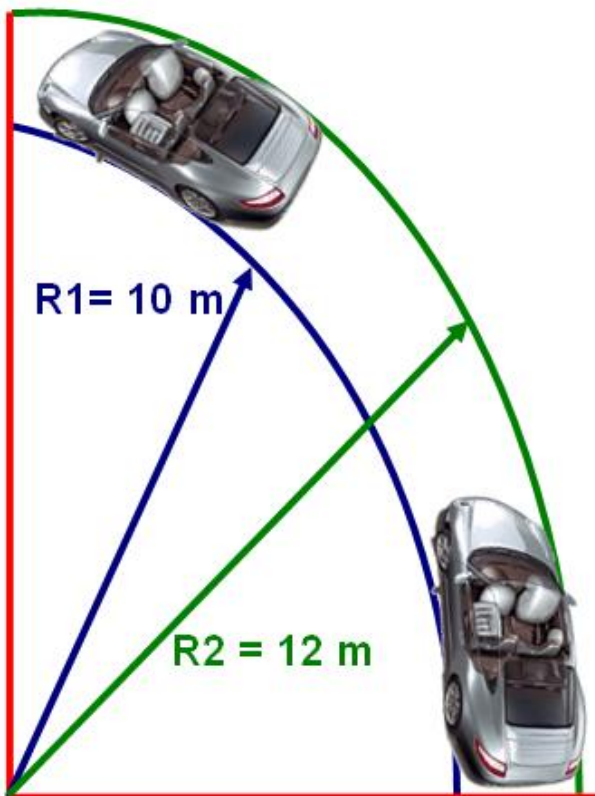
6- Principe de fonctionnement

a) Problématique – En virage

Pour un virage à 90°, un véhicule et ses roues directrices parcourent un arc de cercle de 90°.

Pour faciliter notre calcul de distance de chacune des roues d'un même essieu, nous prendrons la formule permettant de calculer le périmètre d'un cercle, soit :

Circonférence d'un cercle	360°	Circonférence d'un demi-cercle	180°	Circonférence d'un quart de cercle	90°
$2\pi \times \text{Rayon}$ ou $\pi \times \text{Diamètre}$		$\pi \times \text{Rayon}$ ou $(\pi/2) \times \text{Diamètre}$		$(\pi/2) \times \text{Rayon}$ ou $(\pi/4) \times \text{Diamètre}$	



Dans l'exemple de gauche, les roues intérieures (gauche) parcourent un rayon de 10 mètres tandis que celles de l'extérieur parcourent une distance de 12 mètres.

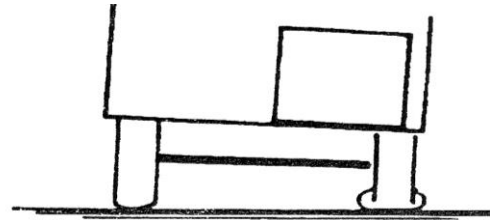
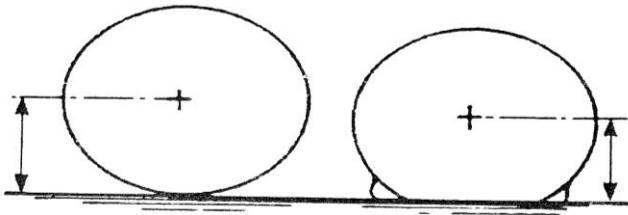
Exercice : compléter le tableau ci-dessous à l'aide des valeurs données ci-dessus

<b>Roues intérieures</b>	
<b>Roues extérieures</b>	
<b>Distance parcourue par le véhicule</b>	

Conclusion :

**Dans un virage, la distance que parcourt chacune des roues d'un même essieu est différente.**

**Sans différentiel, soit une des roues patinerait, soit un des arbres casserait !**

**b) Fonctionnement en ligne droite****Problématique – En sous-gonflage**

Une roue sous-gonflée, surchargée ou de diamètre inférieur voit son rayon de roulement diminuer ainsi que son développement.

Exemple :

**Roue de gauche : Rayon de 0,30 m**

Calcul de la circonférence :

Nombre de tours effectué sur 40000 kms :

**Roue de droite : Rayon de 0,28 m**

Calcul de la circonférence :

Nombre de tours effectué sur 40000 kms :

**Différence entre la roue droite et roue gauche**

Différence de circonférence entre les 2 roues :

Différence de « tours » entre les 2 roues :

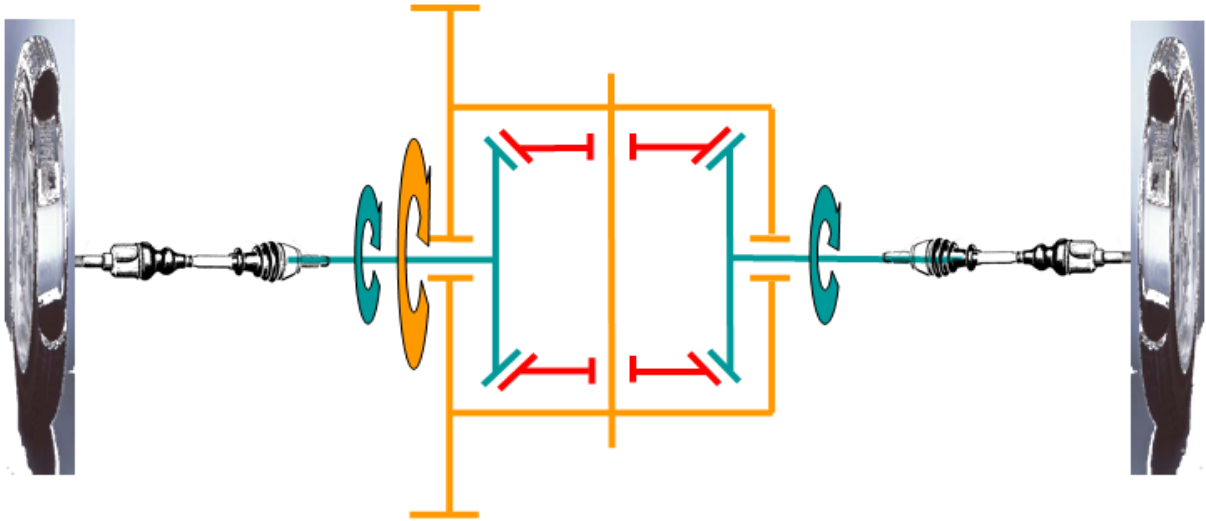
Différence de distance parcourue entre les 2 roues

**Conclusion : Pour des roues NON motrices, aucune conséquence. Tandis que pour des roues motrices, le différentiel devra, sans arrêt, être entraîné en toutes circonstances : Virage ou ligne droite. Cela peut occasionner une destruction de ce dernier et par conséquent des coûts élevés de réparation.**



**c) Fonctionnement en ligne droite**

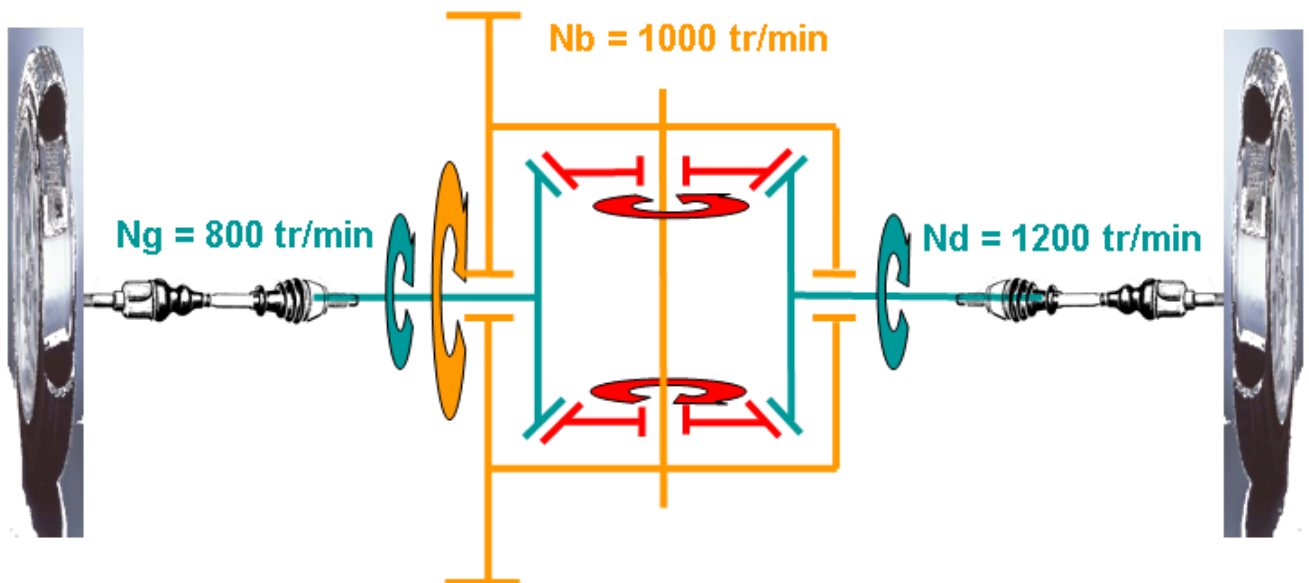
Les roues gauche et droite ont la même distance à parcourir, **les planétaires tournent donc à la même vitesse que le boîtier différentiel tandis que les satellites ne tournent pas.**



**d) Fonctionnement en virage**

Les roues gauche et droite n'ont pas la même distance à parcourir, **les planétaires et le boîtier différentiel ne tournent pas à la même vitesse et les satellites sont obligés de tourner.**

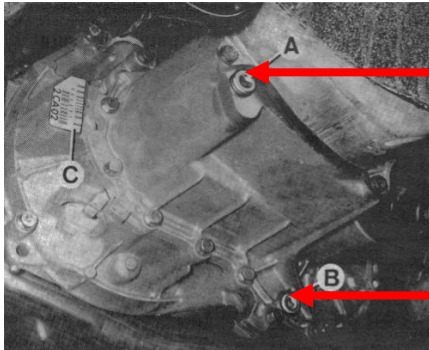
**Dans l'exemple ci-dessous, le véhicule aborde un virage sur la gauche**



## 7- Maintenance

### a- Niveau d'huile

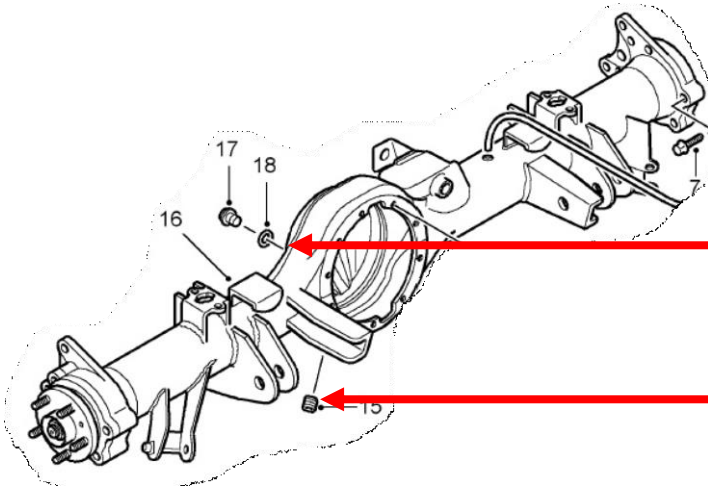
Si le différentiel est intégré à boîte de vitesse, il est donc lubrifié par la même huile et le niveau est commun aux deux éléments.



**Bouchon de remplissage et de niveau**

**Bouchon de vidange**

S'il s'agit d'un pont différentiel séparé de la boîte de vitesses, la lubrification est indépendante.



**Bouchon de remplissage et de niveau**

**Bouchon de vidange**

### b- L'étanchéité

Bien sûr, qu'il s'agisse d'un montage ou d'un autre, il faut toujours vérifier :

- **L'étanchéité au niveau des deux bouchons,**.....
- **Des joints spi (bagues d'étanchéité)**.....

### c- Le type d'huile

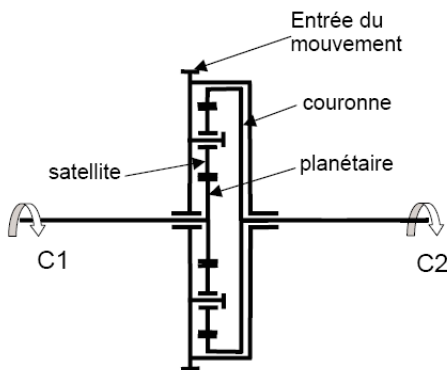
Contrôle du niveau tous les 60 000 km ou tous les quatre ans, pas de vidange de préconiser.



*Pour tous les modèles de véhicules, il faut impérativement respecter les préconisations constructeur tant au niveau de la périodicité d'entretien qu'au niveau de la quantité et de la qualité de l'huile.*

## 8- Les nouvelles technologies du différentiel

### a- Problématique



On parle de couple total ( $C_T$ ), le couple transmis aux roues et servant à propulser le véhicule.

Sachant que  $C_1=C_2$  pour un différentiel classique alors  $C_T= C_1 + C_2$

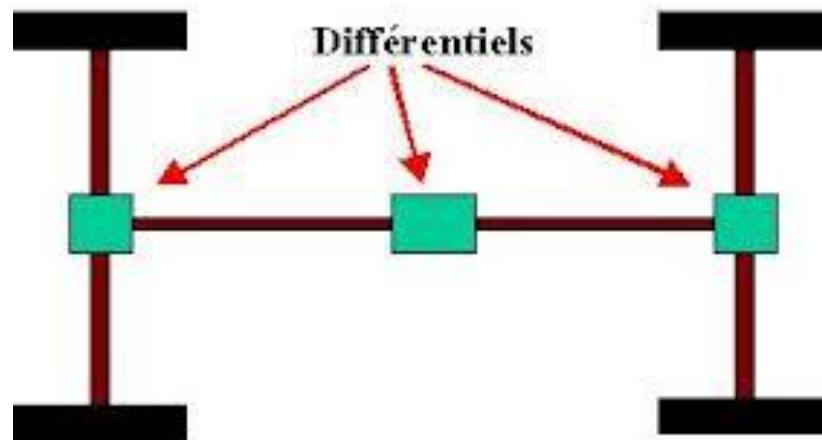
La conséquence directe du  $C_T$  est que si l'une des deux roues perd son potentiel d'adhérence et que son couple tend vers 0 N.m, alors  $C_T$  tend lui aussi vers 0 N.m malgré la possibilité d'adhérence de l'autre roue.

Dans une situation moins limite, si une roue perd 50% de son potentiel et que l'autre le conserve à 100%, la réduction de  $C_T$  sera de 50%, ce qui montre bien la mauvaise exploitation des possibilités de motricité par le véhicule.

Le potentiel est influencé par le coefficient de frottement roue/sol mais il faut penser également que les accélérations latérales du véhicule créent une forte dissymétrie de charges sur les roues ce qui réduit le potentiel de la roue intérieure et pénalise la motricité du véhicule en virage.

### Conclusion :

Imaginons un véhicule 4 roues motrices équipé de 3 différentiels classiques. Si une seule roue parmi les 4 perd tout son potentiel d'adhérence, l'essieu auquel elle appartient voit sa motricité chuter à zéro et donc l'autre essieu devient lui aussi incapable de transmettre le moindre effort moteur.



Ce véhicule 4x4 pourrait alors se trouver en difficulté avec 3 roues en situation adhérente ! La fonction "différentiel" est donc nécessaire pour gérer la motricité du véhicule mais il faut parfois l'assortir de mécanismes qui limitent son action sinon elle perturbe la motricité elle-même.

**b- Le blocage du différentiel**

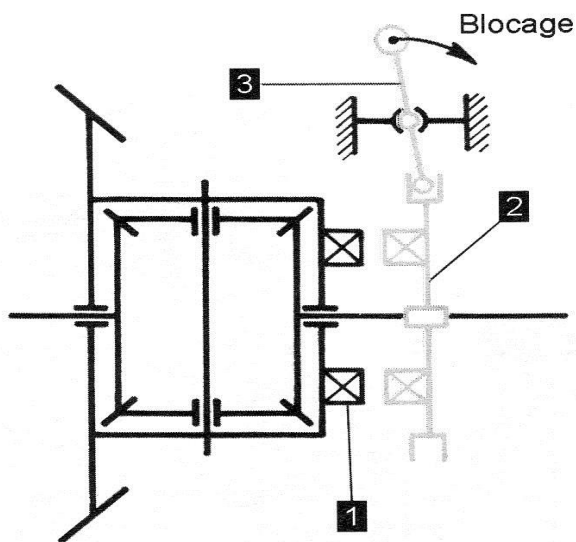
Un véhicule peut être immobilisé par manque d'adhérence sur une roue. Pour remédier à ce problème, on peut utiliser :

Un blocage du différentiel qui consiste à rendre un des planétaires solidaires du boîtier du différentiel donc de Ps, ce qui a pour effet de bloquer le train épicycloïdal

Le planétaire et le porte-satellites tournant à la même vitesse, empêchent toute rotation du satellite sur lui-même. Ce dernier entraîne, par sa denture, le second planétaire.

Ce système comprend :

- Un craboteur lié en rotation à un des arbres de roues et libre en translation grâce à ces cannelures.
- Une denture à crabots montée sur le boîtier de différentiel.

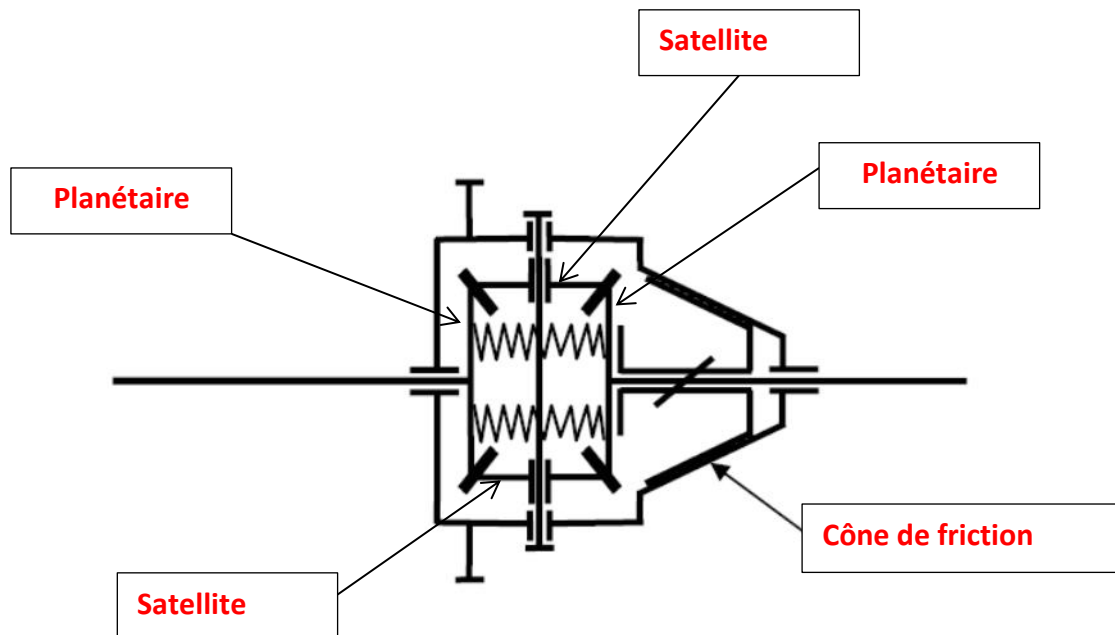


Blocage du différentiel (réalisation)

**1. Denture à crabots solidaire du boîtier de différentiel**

**2. Craboteur lié en rotation avec un des arbres de transmission, libre en translation**

**3. Levier de commande**

**c- Le différentiel à glissement limité « Peugeot »****Principe de fonctionnement****Les roues tournent à la même vitesse**

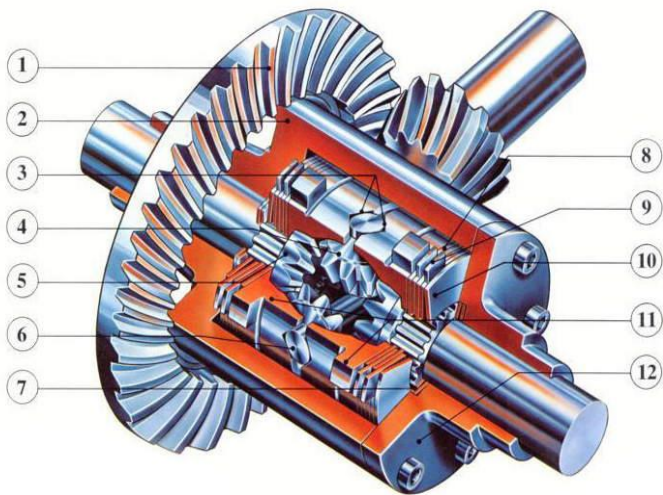
- Les planétaires tournent à la même vitesse.
- Les satellites ne tournent pas sur leur axe.
- L'action du ressort rattrape les jeux de fonctionnement mais n'est pas suffisante pour plaquer le cône de friction sur le boîtier de différentiel.

**En virage**

- La roue extérieure tourne plus vite que la roue intérieure.
- Cette différence de vitesse se reporte sur les planétaires, ce qui entraîne un début de rotation des satellites.
- L'effort engendré par cette action déplace le planétaire, mais ce déplacement n'est pas suffisant pour coincer le cône de friction.
- Le pont fonctionne comme un différentiel normal.

**Accélération d'une roue**

- Sur sol glissant, lorsqu'une roue patine et s'accélère, la différence de rotation des deux roues entraîne la rotation des satellites sur leur axe et crée un effort suffisant, sous un phénomène centrifuge, pour déplacer le planétaire qui vient coincer le cône de friction sur le boîtier de différentiel.
- Le couple moteur de la roue qui patine est alors retransmis partiellement à la roue la plus adhérente.
- Parallèlement à la transmission du couple moteur sur la roue la plus adhérente, due au freinage des planétaires, on tend à diminuer la vitesse de la roue qui patine.

**d- Le différentiel avec embrayage multidisques**

- 1) Couronne du couple conique
- 2) Cloche
- 3) Cames en forme d'encoches triangulaires
- 4) Satellite
- 5) Planétaire
- 6) Axe du croisillon porte-satellites
- 7) Rondelle de butée.
- 8) Disque intérieur, solidaire en rotation du planétaire d'un arbre de roue
- 9) Disque extérieur solidaire de la cloche
- 10) Rondelle Belleville de précharge
- 11) Coquilles
- 12) Couvercle

Dans ce type, le serrage des embrayages multidisques latéraux est obtenu indépendamment de l'engrènement satellites - planétaires.

La cloche (2) contient deux coquilles, droite et gauche, solidaires de ladite cloche en rotation mais coulissantes axialement.

L'axe ou le croisillon porte-satellites est inséré entre elles dans des logements non circulaires, par exemple des encoches en V prenant place de chaque côté de l'axe et formant une came en losange du fait de leur face à face.

Lorsqu'un couple moteur est appliqué, la force de réaction due au transfert de ce couple à l'axe ou au croisillon des satellites par l'intermédiaire des cames provoque l'écartement des deux coquilles. Cet écartement serre les embrayages multidisques d'autant plus forts que le couple d'entrée est important.

Le système de transmission – S32-1-	Technologie
Le différentiel	13/15

9- Exercices d'application sur une Citroën Picasso

■ **GÉNÉRALITÉS**

Moteur à essence 4 temps à injection indirecte multipoint, 4 cylindres en ligne verticaux, disposé transversalement à l'avant du véhicule. Culasse et bloc-cylindres en alliage d'aluminium. Distribution à 4 soupapes par cylindre commandées par double arbres à cames en tête entraînés par une courroie crantée.

Type moteur : EW7J4/L3 ou EW7J4/L4 (\*).

Type réglementaire : 6FZ.

Alésage x course (mm) : 82,7 x 81,4.

Cylindrée (cm<sup>3</sup>) :

Rapport volumétrique : 10,8 à 1.

Pression de compression : 15,5 à 16 bars.

Régime maxi (tr/min) : 6 500.

Puissance maxi : - CEE (kW à tr/min) : à 5 500.

- DIN (ch à tr/min) : 117 à 5 500.

Couple maxi : - CEE (daN.m à tr/min) : 16,3 à 4 000.

1. Dans la fiche technique ci-dessus, coloriez, pour le moteur « AJM » :

- En bleu, le puissance maxi + régime,
- En vert, le couple maxi + régime

2. À partir des valeurs en bleu, calculer la valeur du couple en daN.m

	<u>Rappel des formules :</u>
	<u>Résultat :</u> .....

3. À partir des valeurs en vert, calculer la valeur de la puissance en Kwatts

	<u>Rappel des formules :</u>
	<u>Résultat :</u> .....

Le système de transmission – S32-1-	Technologie
Le différentiel	14/15

4. Votre Citroën Picasso est équipée d'une boîte BE4/5V. À partir des données ci-dessous, calculer les rapports de vitesses et de couple en sortie d'arbre secondaire.

Combinaison de vitesses	Nombre de dents sur l'arbre primaire	Nombre de dents sur l'arbre secondaire	Couple réducteur	Rapport de vitesse	Rapport de couple
1 <sup>ère</sup>	11	38	19/77		
2 <sup>ème</sup>	23	36			
3 <sup>ème</sup>	25	34			
4 <sup>ème</sup>	39	43			
5 <sup>ème</sup>	44	45			
M. AR	12	39			

Remarque : Pour la M.AR, le pignon intermédiaire compte 31 dents !!!!

5. Compléter le tableau ci-dessous

A) Convertir 3000 trs/min en rad/s	B) Sachant que le $R_{v1}$ est de 0.0714, calculer $N_s$
	C) Sachant que le $R_{v1}$ est de 0.0714, calculer $\omega_s$

6. Compléter le tableau ci-dessous

Convertir 18,5 daN.m en N.m
Sachant que le $R_c$ est de 14 en 1 <sup>ère</sup> , calculer le $C_s$ de l'arbre secondaire



Le système de transmission – S32-1-	Technologie
Le différentiel	15/15

*Votre véhicule est équipé de pneumatiques en 205/55 R17*

7. Calculer la circonférence de ce dernier

8. Compléter le tableau ci-dessous

Combinaison	Rapport de vitesses	Régime moteur	N <sub>s</sub> des arbres de roue en trs/min	Circonférence pneu en m	Vitesse véhicule en m/min	Vitesse véhicule en Km/H
1 <sup>ère</sup>		<b>3000 trs/min</b>				
2 <sup>ème</sup>						
3 <sup>ème</sup>						
4 <sup>ème</sup>						
5 <sup>ème</sup>						
M. AR						