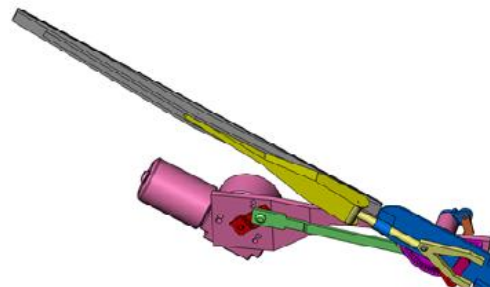
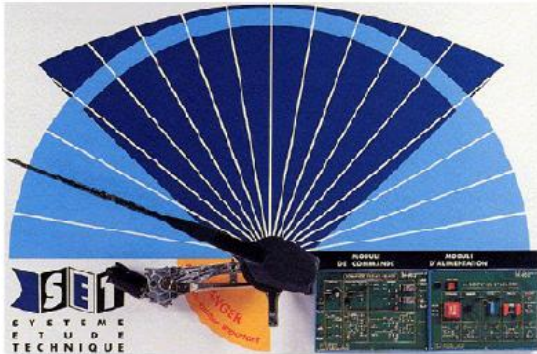


Activité	COMPORTEMENT CINEMATIQUE DES SYSTEMES	
<b>Etude des mouvements – Essuie-glace Mercedes</b>		

## COMPORTEMENT CINEMATIQUE DES SYSTEMES

### TP Essuie-glace Mercedes



#### **Objectifs :**

Il est proposé dans ce TP :

- d'évaluer l'écart, à l'aide d'une simulation assistée par ordinateur, entre le comportement cinématique du système d'essuie-glace étudié et un système traditionnel ;
- de mettre en évidence les propriétés graphiques des vecteurs vitesses de différents points appartenant à un même solide.

#### **La démarche de l'ingénieur d'étude :**

*Identifier, mesurer et analyser les écarts entre les performances du système souhaité, du système réel et du système simulé. Tous cela dans le but de réduire ces écarts.*

# 1 Mise en situation de l'essuie-glace



Figure 1 : voiture à 2 essuie-glace

De part la forme sensiblement rectangulaire du pare-brise des automobiles, l'essuyage par temps de pluie a conduit les constructeurs automobiles à choisir un système à deux balais permettant de couvrir le maximum de surface afin de garantir au conducteur la meilleure visibilité possible.

L'évolution des automobiles a fait apparaître, sur certains modèles des systèmes d'essuyage centraux mono-balai. Malgré le balai plus long de ce type d'essuie-glace la surface balayée est souvent insuffisante



Figure 2 : voiture à 1 essuie-glace

Certains constructeurs ont donc développé des mécanismes dans lesquels les balais se déploient pour agrandir la surface balayée.

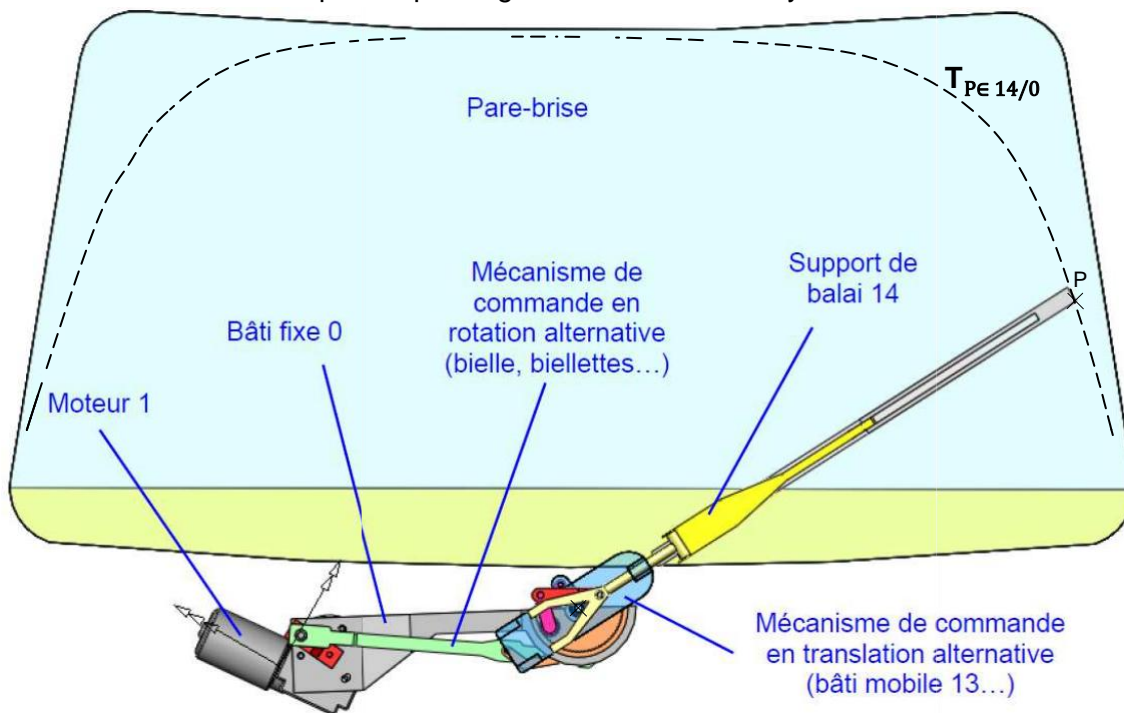
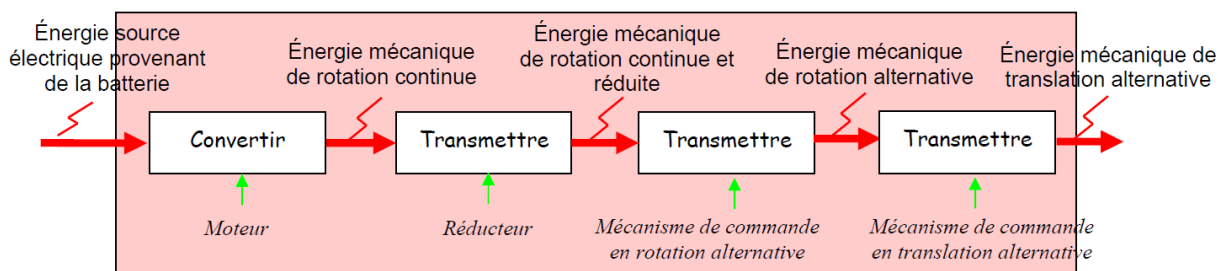
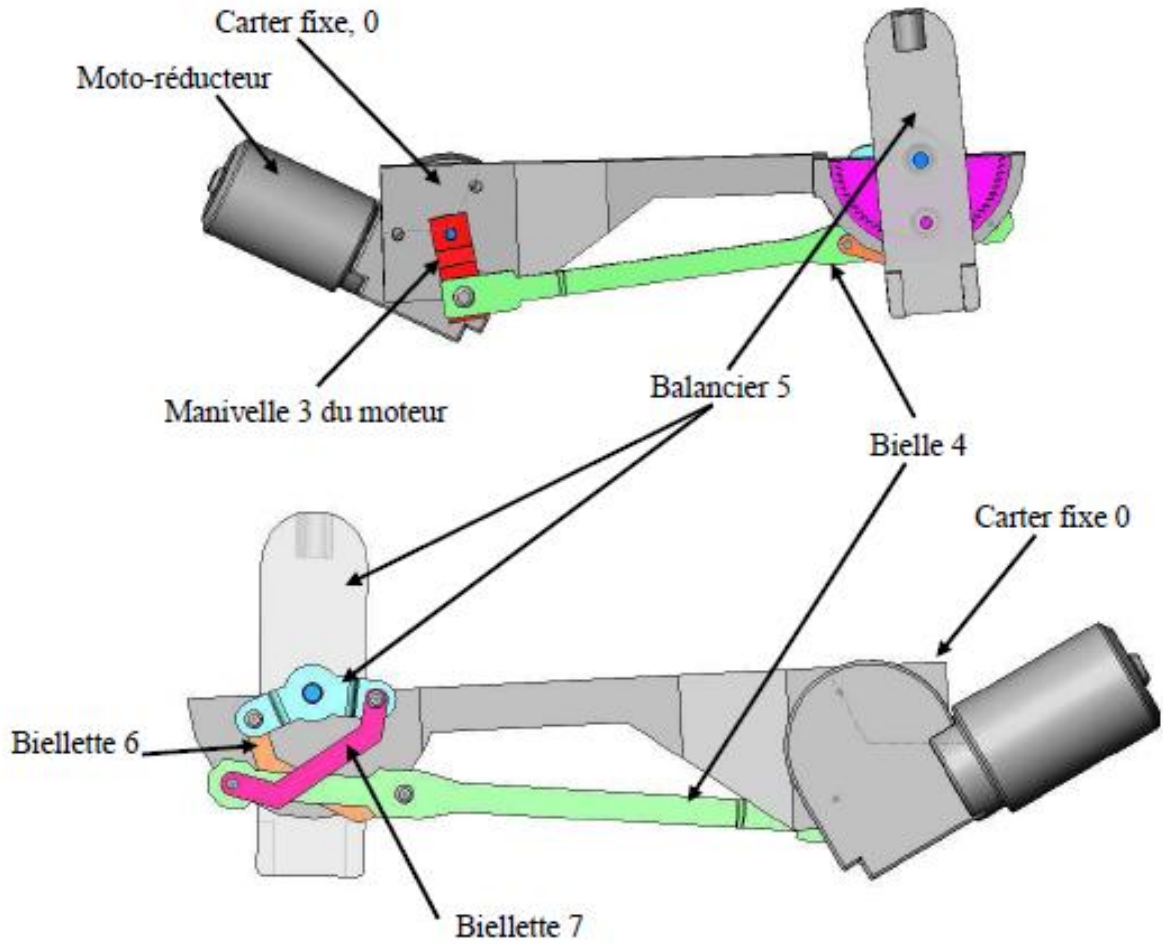


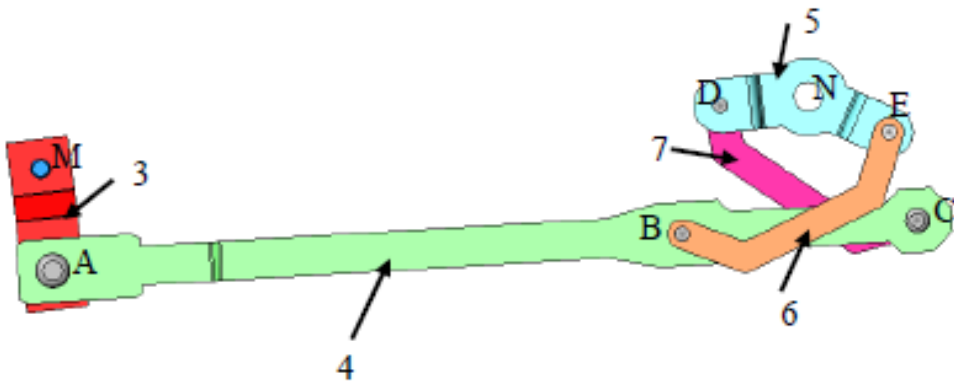
Figure 3 : Mécanisme d'essuie-glace mono-balai amélioré

La chaîne d'énergie est classique et ne fait intervenir qu'un moteur :





Vue avec une partie du balancier et le carter enlevés :



Activité	COMPORTEMENT CINEMATIQUE DES SYSTEMES	
<b>Etude des mouvements – Essuie-glace Mercedes</b>		

Le mécanisme de cet essuie-glace assure 2 fonctions :

- convertir la rotation continue du moteur en rotation alternative du balai,
- synchroniser la sortie alternative du balai avec la rotation du balai (le balai se déploie alors dans chaque coin supérieur du pare-brise)

### Caractéristiques de la chaîne d'énergie:

Alimentation par batterie 12V. Moteur à vitesse variable :

- vitesse minimum  $N_m=2900$  tr/min,
- vitesse maximum  $N_M=6150$ tr/min.

Réducteur de vitesse à roue et vis sans fin de rapport de réduction :  $k=1/54$ .

Mécanisme de translation synchronisé avec la rotation du balai par un réducteur à engrenages intérieurs :

- nombre de dents du pignon  $Z_9=15$  dents
- nombre de dents de la roue creuse  $Z_0=72$  dents.

### Extrait du cahier des charges fonctionnel :

Fonction	Critère	Valeur	Flexibilité
Essuyer le pare-brise	Vitesse relative du balai	$V < V_{max}=8$ m/s	vitesse plus petite si peu de pluie
	Surface essuyée	$S > 86\%$ de la surface vitrée	$\pm 5\%$

Sur la Figure 3, **TRACER** la trajectoire de l'extrémité du balai  $T_{PE14/0}$  si 14 était en rotation d'axe (A,z) par rapport au bâti 0 (la trajectoire ne doit pas sortir du pare-brise).

**CONCLURE** quant à l'amélioration effective apportée par la translation du balai.

## 2 Simulation du mécanisme

L'objectif de cette partie est de mettre en évidence le gain de surface balayée sur le pare-brise par le système Bosh-Mercedes rapport à un système d'essuie-glace « traditionnel ».

Copier le dossier "**simulation\_essuie\_glace**" dans vos documents, afin de visualiser les mouvements des différents éléments du mécanisme.

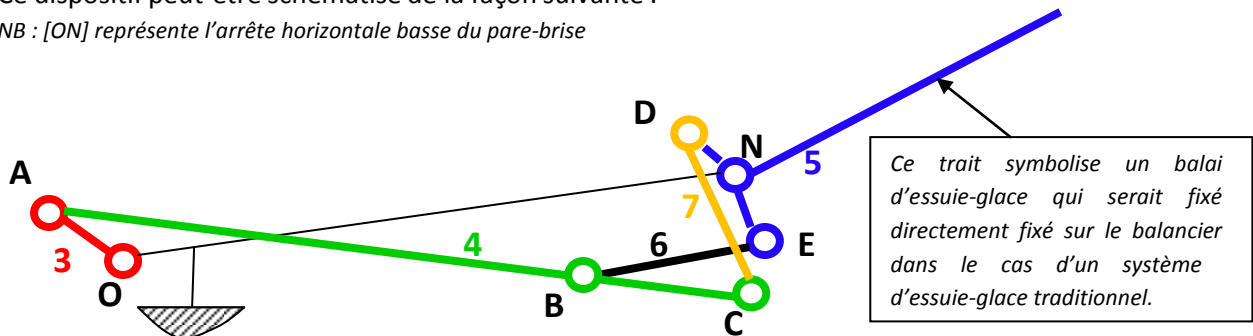
### 2.1 Mouvement de rotation alternative

Dans cette partie, on ne s'intéresse pas à toute la chaîne d'énergie du système d'essuie-glace. On s'intéresse uniquement aux éléments qui permettent, à partir du mouvement de rotation en sortie du moteur, de créer le mouvement de rotation alternatif du balancier 5.

C'est ce dispositif de transformation de mouvement qui est utilisé sur les systèmes à essuie-glace central, où le balancier 5 est alors directement le porte balai.

Ce dispositif peut-être schématisé de la façon suivante :

NB : [ON] représente l'arrêt horizontal basse du pare-brise



**2 – 1 - 1** Sachant que le moteur tourne à sa vitesse maximum, **DETERMINER** la vitesse de rotation  $N_r$  de la bielle en sortie de réducteur.

**2 – 1 - 2 LANCER** un calcul dans Méca3D (activer au besoin ce module à partir des menus "Outils/ Compléments"):

- mouvement pilote : pivot entre l'axe moteur et le carte à la vitesse  $N_r$  précédente,
- étude cinématique avec 360 positions de calculs,
- durée à adapter pour correspondre à un **tour complet** de la manivelle.

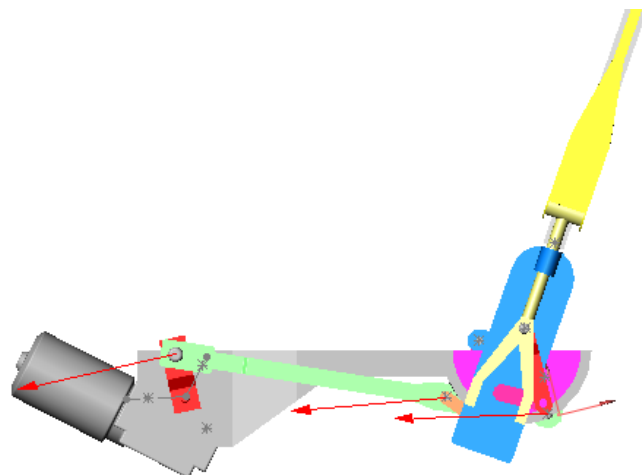
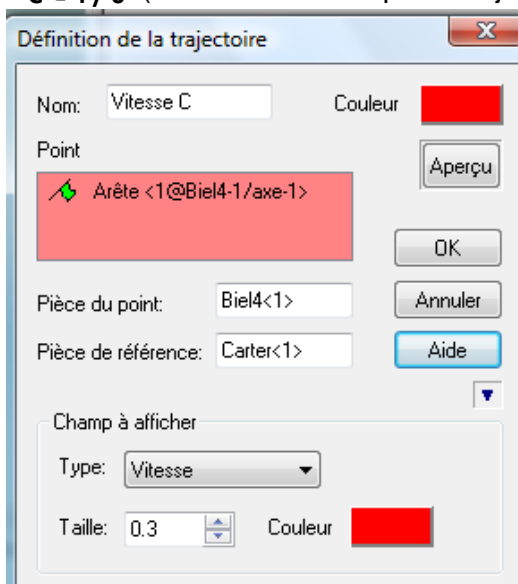
**2 – 1 - 3 PILOTER** la bonne liaison d'entrée en indiquant une vitesse en tr/min.

**RENSEIGNER** la durée du mouvement à simuler qui nous assure de pouvoir observer un tour complet de la manivelle 3.

**RENSEIGNER** un nombre de position qui nous assure une rotation maximale de la manivelle 3 de  $1^\circ$  entre deux calculs du logiciel.

**SIMULER** le mouvement.

**2 – 1 – 4 AFFICHER** sur l'écran à l'échelle « 0,3 » les vecteurs vitesses  $\vec{V}_{A \in 4/0}$ ,  $\vec{V}_{B \in 4/0}$  et  $\vec{V}_{C \in 4/0}$  ( sous-menu de l'option « ajout de trajectoire » )



Activité	COMPORTEMENT CINEMATIQUE DES SYSTEMES	
<b>Etude des mouvements – Essuie-glace Mercedes</b>		

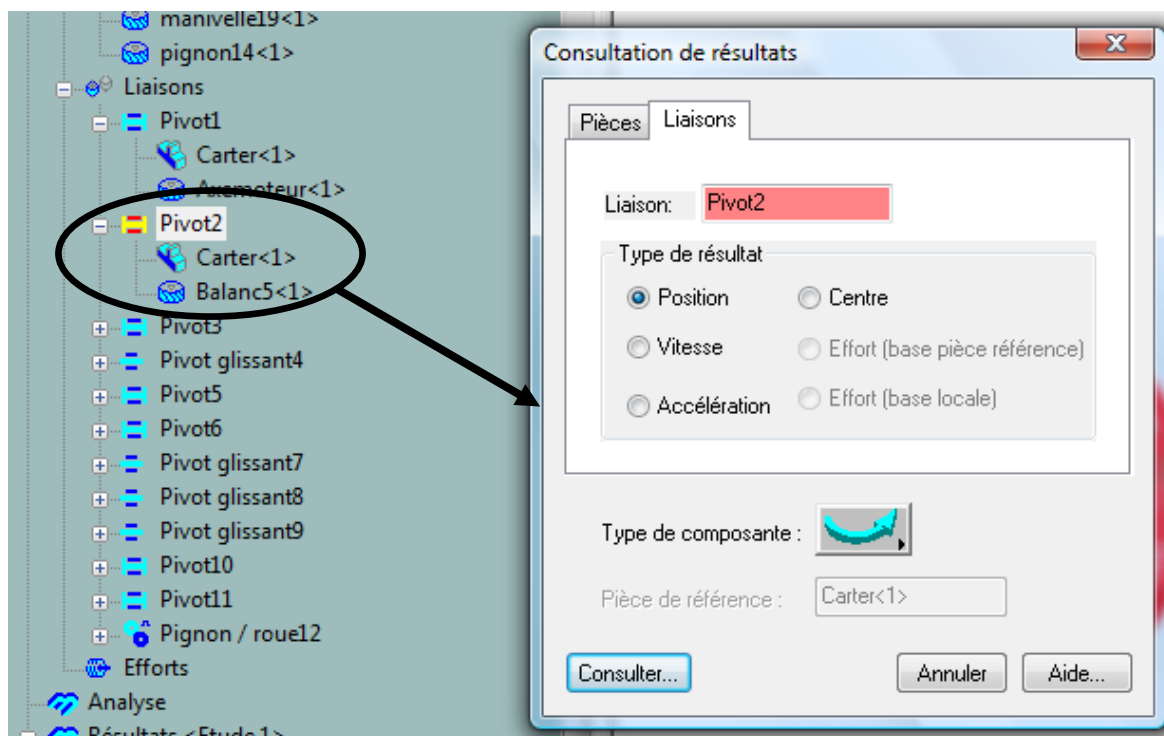
**FAIRE** une copie d'écran et **SAUVEGARDEZ-LA** dans un fichier word

**2 – 1 – 5 SIMULER** le mouvement, en affichant ces vecteurs "seuls". Pour cela, il faut préciser dans l'onglet "trajectoire" du mode "simulation" :

- *seulement le champ des vecteurs vitesses sans sa trajectoire,*
- *seulement le vecteur correspondant à la position en cours.*

**2 – 1 – 6 SIMULER** le mouvement en mode pas à pas. Pour cela, cliquer sur pause, puis utiliser les flèches «» «» pour faire avancer évoluer pas à pas la position du mécanisme.

**2 – 1 – 7 EN CLIQUANT DROIT** sur la liaison Pivot entre le bâti fixe 0 et le balancier 5, puis en **SELECTIONNANT** « Résultats », dans l'onglet « Liaison », il est possible de consulter l'évolution de la position angulaire du balancier 5 par rapport au bâti fixe 0 au cours du mouvement. *NB : il est possible de changer d'unité*

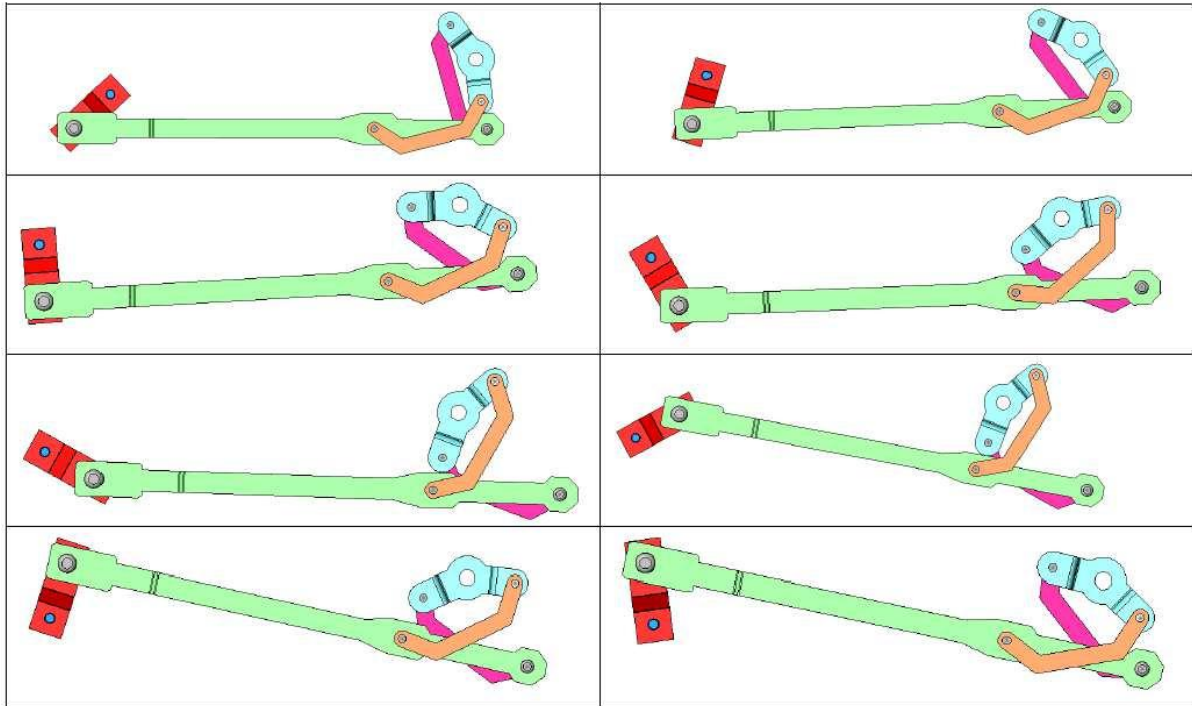


**2 – 1 – 8 MESURER** l'amplitude du mouvement en degré et la commenter.

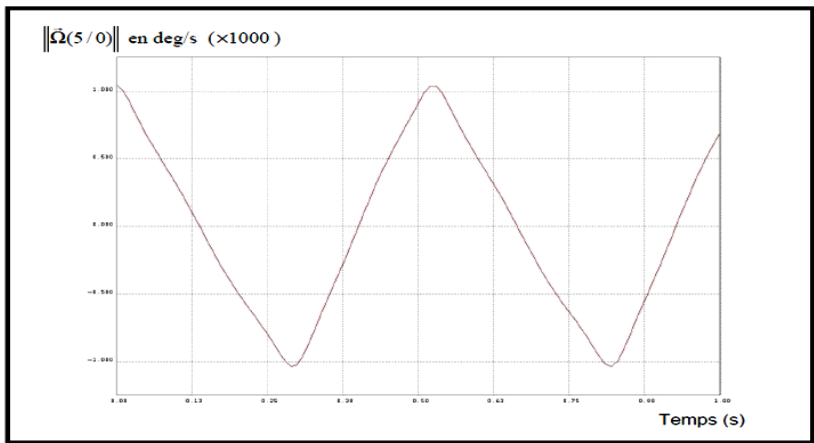
**REPRESENTER** qualitativement sur le doc réponse les limites droite et gauche de la surface balayée du pare-brise

**CLIQUER DROIT** sur le tableau, puis **ENREGISTRER** ces données au format « courbe (\*.crb) » dans le dossier « simulation\_essuie\_glace »

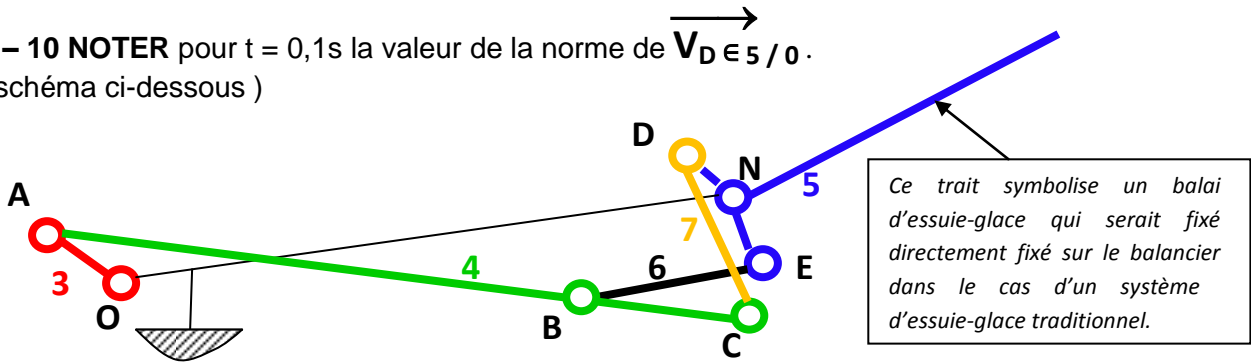
2 – 1 - 9 **NUMEROTER** les représentations suivantes des différentes étapes (en rouge l'aller en bleu le retour) : ( sur le doc réponses )



Norme de la vitesse de rotation du balancier 5 par rapport au repère carter fixe 0 :



2 – 1 – 10 **NOTER** pour  $t = 0,1s$  la valeur de la norme de  $\vec{V}_{D \in 5 / 0}$ .  
( voir schéma ci-dessous )



Activité	COMPORTEMENT CINEMATIQUE DES SYSTEMES	
<b>Etude des mouvements – Essuie-glace Mercedes</b>		

## 2.- 2 Mouvement de translation alternative

Dans cette partie, on ne s'intéresse à la suite de la chaîne d'énergie du système d'essuie-glace. On s'intéresse aux éléments qui permettent, à partir du mouvement de rotation alternative du balancier 5, de créer un mouvement combiné de rotation et de translation alternative du support de balai 14.

**2 - 2 – 1** A partir du fichier « essuie\_glace\_meca3D »  
**SIMULER** le mouvement.

**TRACER** la trajectoire du point situé à l'extrémité du demi-balai 14 par rapport au bâti fixe 0.

**PROPOSER** et **METTRE EN OEUVRE** une méthode permettant de visualiser sous MECA3D, le gain de surface balayée de ce système par rapport à un système mono-balai classique .

Aide : on pourra superposer sur le même écran  $T_{F \in \text{balai}/0}$  et  $T_{F \in ?/0}$ .

**2 - - 2 - 2 DETERMINEZ** la vitesse  $\vec{V}_{P \in 14 / 0}$  du point extrême P du balai  
Cliquer droit sur "Courbes" dans l'arbre de construction Meca3D, ajouter une courbe simple sur la pièce "balai" pour la vitesse en "translation" du point P du balai.

Une fois la courbe créée on peut synchroniser la courbe avec les déplacements du mécanisme; cette option n'est pas disponible si la courbe n'est pas créée dans l'arbre de construction lorsque qu'on fait notamment une simple consultation.

**CONCLURE** par rapport au cahier des charges.( voir page 4 )

## 2 – 3 Propriétés graphiques des vecteurs vitesse

L'objectif de cette partie est de mettre en évidence les propriétés des vecteurs vitesses de différents points appartenant à un même solide. Ces propriétés sont utilisées dans les méthodes de résolution graphique des problèmes de cinématique.

**AFFICHER**, à l'aide du logiciel MECA3D, les vecteurs vitesse de 3 points du balai et cela dans deux positions différentes du système. (Utiliser une échelle pour que les vecteurs ne soient ni trop grands ni trop petits).

**REALISER** un « imprime écran » (touche du clavier « Impécr »), puis ouvrir un nouveau fichier OpenOffice.org Writer ou Microsoft Word , coller

En prenant successivement deux à deux les points du balai, **PROJETER** le vecteur vitesse de chacun des deux points sur la droite qui relie les deux points. Que constate-t-on ?

**TRACER** les perpendiculaires aux vecteurs vitesse de chacun des points du balai. Que constate-t-on ? Comparer pour les deux positions du balai.

**PROPOSER**, au vue des résultats des questions précédentes, une méthode qui permettrait de déterminer graphiquement le vecteur vitesse du centre de gravité G du balai.



### 3 Vérification graphique

Le mécanisme est tracé dans la position la plus défavorable en terme de maximum de glissement du balai sur le parebrise". On se propose de retrouver la vitesse du point P dans cette configuration.

3 - 1 Connaissant la vitesse maximum en sortie de réducteur  $\omega_r = k \omega_m$  et le rayon  $MA=42$  mm déterminer

→  
 $V_A \in 3/0$  et tracer sur la Figure ci la vitesse (sens de rotation trigonométrique).  
 L'échelle pour la construction des vitesses adoptée sera de 10 mm pour 0,1 m/s.

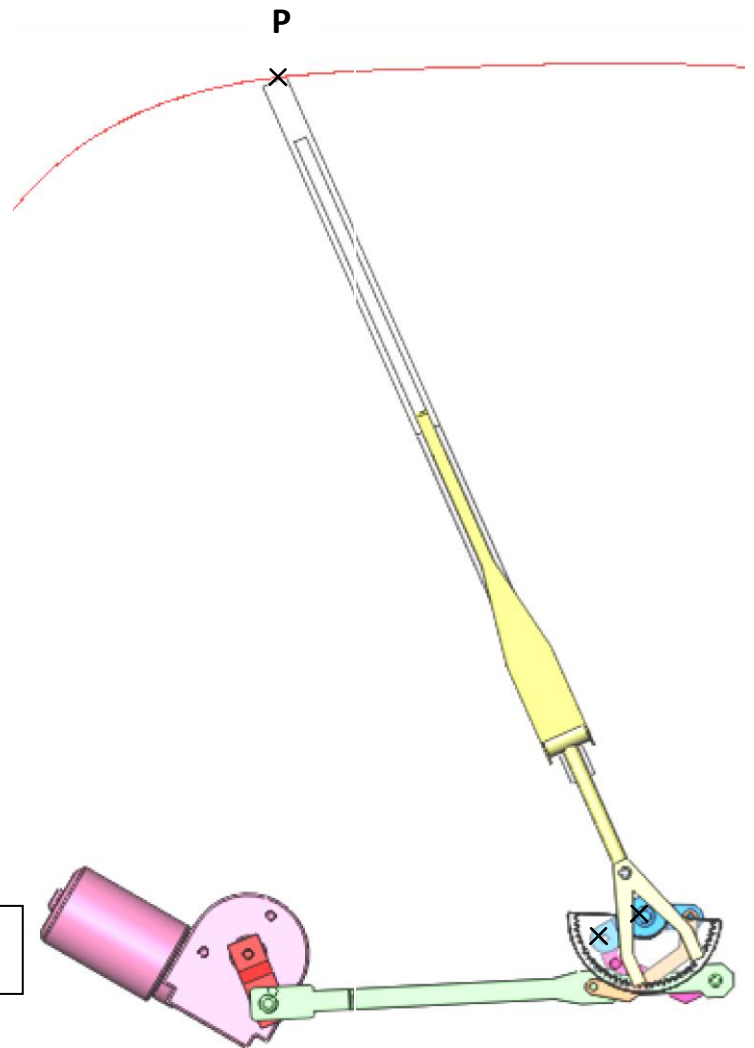


Figure 4 : Position de vitesse de glissement maximum du balai

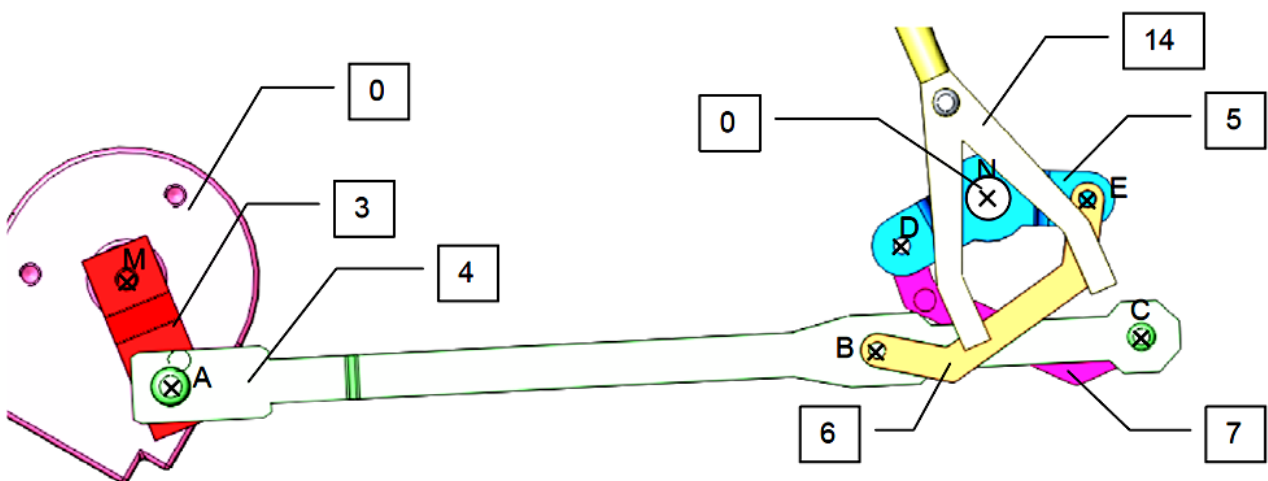


Figure 5 : mécanisme dans une position où la vitesse de glissement du balai est maximale

Activité	COMPORTEMENT CINEMATIQUE DES SYSTEMES	
<b>Etude des mouvements – Essuie-glace Mercedes</b>		

L'objectif est maintenant de trouver la vitesse  $\vec{V}_{D \in 5 / 0}$  du point D appartenant à 5 dans son mouvement par rapport au bâti 0. Cela permettra de déterminer  $\vec{V}_{D \in 5 / 0}$ . Pour cela, on pourra notamment utiliser le théorème des 3 plans glissants ( $I_{40}, I_{30}$  et  $I_{43}$  alignés par exemple) qui est une forme graphique de composition des vitesses.

**3 - 2 DETERMINER** la droite sur laquelle se trouve  $I_{40}$ .

**3 - 3** En s'intéressant au solide 6, **DETERMINER** une droite sur laquelle se trouve  $I_{54}$  (on utilisera les 3 CIR :  $I_{65}, I_{64}$  et  $I_{54}$ ).

**3 - 4** En s'intéressant au solide 7, **DETERMINER** une autre droite sur laquelle se trouve  $I_{54}$  (on utilisera cette fois les 3 CIR :  $I_{74}, I_{75}$  et  $I_{54}$ ).

**3 - 5 EN DEDUIRE** alors la position exacte de  $I_{54}$ .

**3 - 6 DETERMINER** une seconde droite sur laquelle doit se trouver  $I_{40}$  (utilisation des CIR  $I_{40}, I_{54}$  et  $I_{50}$ ).

**3 - 7 EN DEDUIRE** la nature du mouvement de 4/0 puis par construction graphique successive la

vitesse  $\vec{V}_{D \in 5 / 0}$

**3 - 8 DETERMINER** sur la figure 4, la vitesse  $\vec{V}_{P \in 5 / 0}$  ( échelle 1 mm pour 0,1 m/s )

**3 - 9** A partir de  $\vec{V}_{P \in 5 / 0}$  et de la trajectoire  $T_{P \in 14 / 0}$  du point P, **DETERMINER** complètement

$\vec{V}_{P \in 14 / 0}$  ( composition des vitesses )

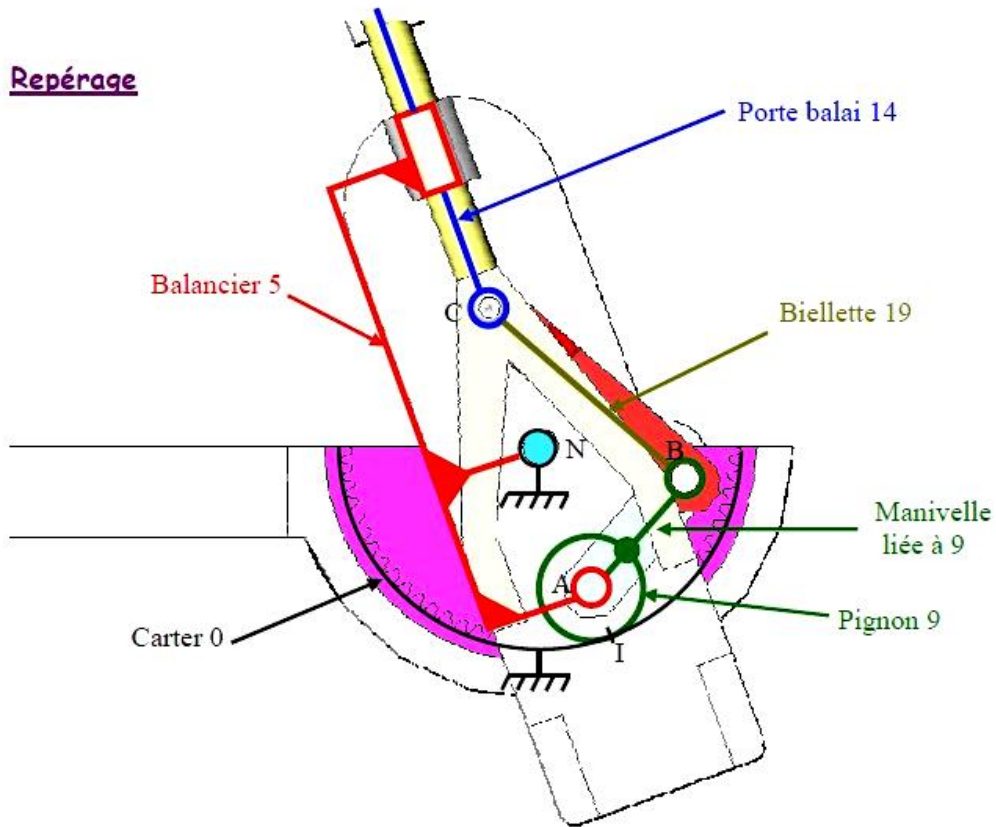
**COMPAREZ** la valeur trouvée avec celle issue de la simulation

**4- Expression analytique de la vitesse du balai**

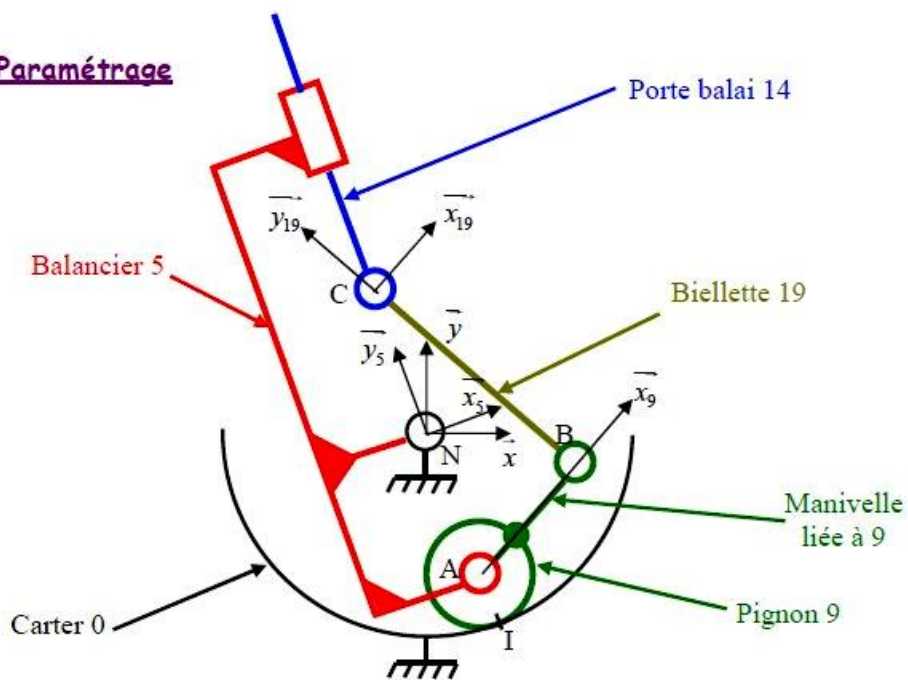
Un mécanisme à engrenage permet d'initier la sortie du balai lorsqu'il est entraîné en rotation . On se propose de définir les équations permettant la détermination analytique de la

vitesse  $\vec{V}_{P \in 14/5} = \dot{\lambda} \vec{y}_5$

**a. Repérage**



**b. Paramétrage**



Au bâti 0 est associé le repère  $(N, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$

Au balancier 5, on associe le repère  $(N, \vec{x}_5, \vec{y}_5, \vec{z})$ , avec  $\beta = (\vec{x}, \vec{x}_5) = (\vec{y}, \vec{y}_5)$

La loi temporelle de  $\beta(t)$  a été déterminée dans la partie précédente.

Au pignon 9, on associe le repère  $(A, \vec{x}_9, \vec{y}_9, \vec{z})$  avec  $\gamma = (\vec{x}_5, \vec{x}_9) = (\vec{y}_5, \vec{y}_9)$

A la biellette 19 est associée le repère  $(C, \vec{x}_{19}, \vec{y}_{19}, \vec{z})$  avec  $\delta = (\vec{x}_5, \vec{x}_{19}) = (\vec{y}_5, \vec{y}_{19})$

Tous les angles sont des fonctions temporelles deux fois dérivables du temps.

On donne :

$$\vec{AB} = r \vec{x}_9 \text{ avec } r = 40 \text{ mm, } r \text{ est donc constant.}$$

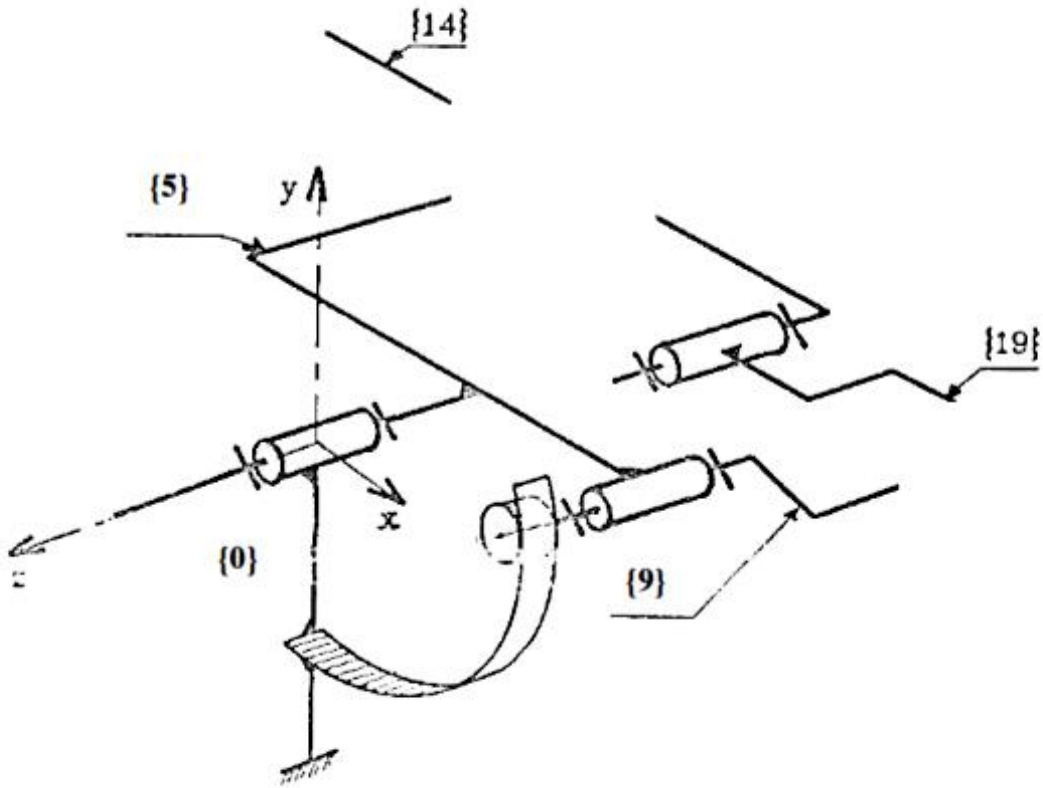
$$\vec{BC} = L \vec{y}_{19} \text{ avec } L = 72 \text{ mm, } L \text{ est donc constant.}$$

Le rayon du pignon est noté  $R_9$  et celui de la couronne intérieure du carter 0 est choisi tel que  $R_0=48 \text{ mm}$  dans un souci d'encombrement fixé par le cahier des charges. Ils sont constants.

On donne enfin  $\vec{AC} = \lambda \vec{y}_5$ , avec  $\lambda$  fonction deux fois dérivable du temps.

**4 - 1- TRACER** les trois figures planes de changement de base.

**4 - 2- COMPLETER** le schéma cinématique en 3D esquissé sur le document réponses, en utilisant une couleur par solide, en représentant les liaisons manquantes et en indiquant les points manquants.



Activité	COMPORTEMENT CINEMATIQUE DES SYSTEMES	
<b>Etude des mouvements – Essuie-glace Mercedes</b>		

4 - 3- A partir de l'hypothèse de roulement sans glissement en I du pignon par rapport au carter, **déterminer** la relation liant  $\dot{\gamma}$  à  $\dot{\beta}$ ,  $R_0$  et  $R_9$

Le cahier des charges impose que l'amplitude de variation de  $\beta$ , notée  $\Delta\beta$  soit de  $150^\circ$ .

4 - 4- Quel doit être, sur l'amplitude totale du mouvement, le nombre de tours réalisés par le pignon 9 par rapport au balancier 5 ?

4 - 5- **Montrer** alors qu'il faut nécessairement que  $R_9=10$  mm.

4 - 6- Lorsque  $\beta = 0^\circ$ , que doit alors valoir  $\gamma$ ? **Déterminer** alors l'équation de  $\gamma$  en fonction de  $\beta$

4 - 7- **Déterminer** les trois valeurs de  $\beta$ , notées  $\beta_0 < \beta_1 < \beta_2$ , pour lesquelles le porte balai est complètement rentré par rapport au balancier.

4 - 8- **Déterminer** les 2 valeurs de  $\beta$ , notées  $\beta_3 < \beta_4$ , pour lesquelles le porte balai est complètement sorti par rapport au balancier.

4 - 9- Par un bouclage géométrique, **déterminer** deux relations scalaires faisant intervenir  $\lambda$ ,  $r$ ,  $L$ ,  $\gamma$  et  $\delta$ .

4 - 10- **Déterminer** l'expression de  $\lambda$  en fonction de  $r$ ,  $L$  et  $\gamma$ .

4 - 11- **Donner** les deux valeurs extrêmes de  $\lambda$ , et faire les applications numériques.

Le balai est fixé en liaison encastrement avec le porte balai. Ses deux positions extrêmes selon l'axe

$(N, \vec{y}_5)$  sont notées  $C_1$  et  $C_2$  telles que  $\overrightarrow{CC_1} = a_1 \vec{y}_5$  et  $\overrightarrow{CC_2} = a_2 \vec{y}_5$  avec  $a_1 = 52$  mm et  $a_2 = 652$  mm.

Sur le document réponses, on souhaite représenter la surface d'essuyage, dans le cas où il n'y a pas de mécanisme de sortie du porte balai par rapport au balancier puis dans le cas du mécanisme étudié ci-dessus.

Seul le point N, important, est indiqué, avec les angles de  $15^\circ$  (à interpréter). L'échelle est de 1/10.

4 - 12- **Dessiner** la trajectoire des points  $C_1$  et  $C_2$  lors :

- D'un mécanisme traditionnel sans mécanisme de sortie du porte balai par rapport au balancier (le porte balai, le balai et le balancier sont considérés dans ce cas en liaison encastrement).
- Du mécanisme Bosch (dans ce cas les trajectoires ne seront que qualitatives, ne pas les tracer point par point !).

4 -13- **Conclure** quant à la qualité d'essuyage avec le mécanisme BOSCH par rapport au mécanisme traditionnel.

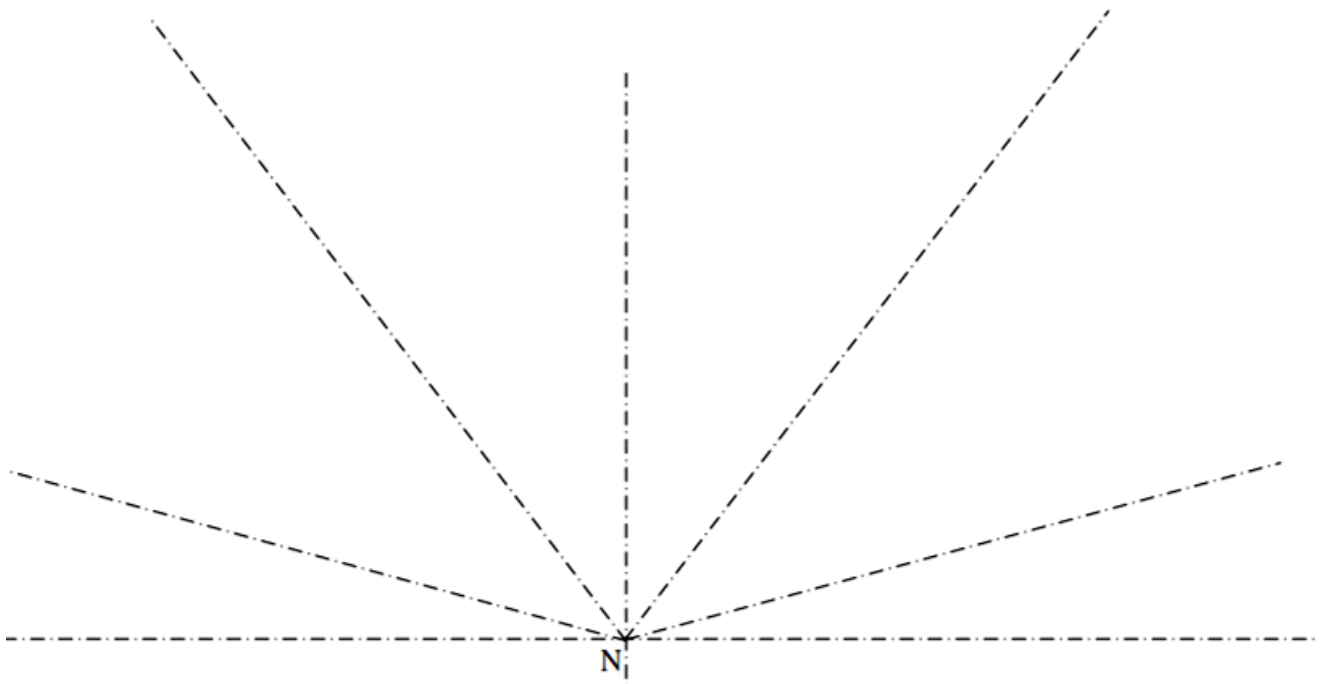
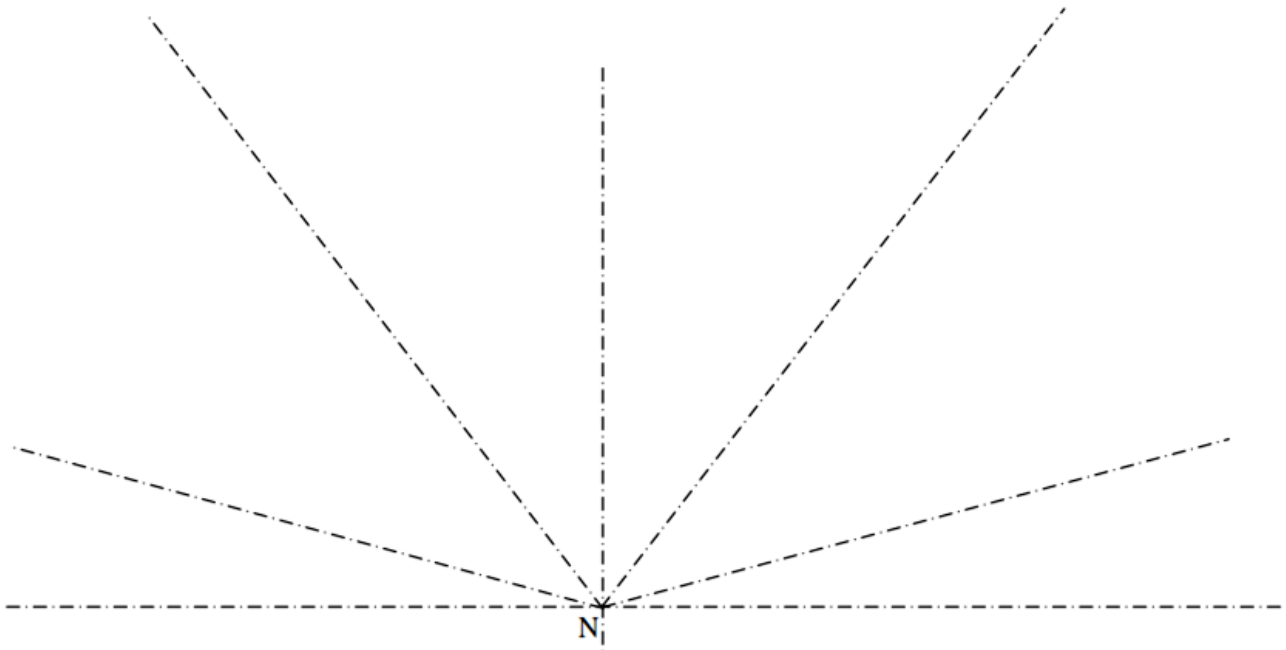


Figure avec le mécanisme BOSCH