

## Résultats et, . . . (outils, méthodes, références utilisés pour les résolutions . . .)

### CHASSIS AUTO

On considère une voiture dont la **masse** totale y compris le pilote et le carburant est égale à 850 Kg.

Les largeurs de **voie avant et arrière** sont de 1600 mm (A-B ou C-D).

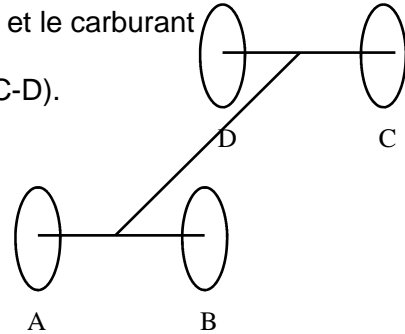
L'**empattement** est de 2100 mm.

On effectue le **poids par roue** et l'on obtient :

- En A : 160 kg
- En B : 160 kg
- En D : 265 kg
- En C :

**Masses non suspendues :**

- 30 kg par demi-train avant et arrière.



1 – Déduisez la valeur de **poids** en **C**.

265kg (algèbre)

2 – Calculez la **position du centre de gravité (G)** du véhicule par rapport à la voie et à l'empattement, vous prendrez comme **références** aux coordonnées **les axes AB et AD**.

1309.35 mm sur l'axe AD, soit que le point G est situé à 1309.35 mm de l'axe AB et, comme il y a symétrie de répartition des masses par rapport à l'axe géométrique passant par les centres des essieux AV et AR (420 kg du côté AD et 420 kg du côté BC), la distance séparant le point G de l'axe AD est 800 mm soit dans ce cas, sur l'axe géométrique. La bonne réponse est : Le centre de gravité se situe à 800 mm par rapport à l'axe AD et se situe à 1309,35 mm de l'axe AB.

Entraînez-vous sur plusieurs modèles de véhicules . . . aux répartition des masses avant-arrière et droit-gauche dissymétriques (par rapport aux axes géométriques de symétrie).

Le test de candidature est posé ainsi . . .

Résolu avec : barycentre ou pourcentage, masse, poids, gravité, Wikipédia, . . . tout simplement !)

Ce véhicule est équipé de **trains roulants** de type **double triangulation** avec **combiné ressort/amortisseur** fixé directement sur le **triangle inférieur**.

Les **rapports de suspensions**, soit le déplacement tige d'amortisseur / déplacement vertical de la roue sont :

- 1/2 (0.5) pour le train avant (A B)
- 3/4 (0.75) pour le train arrière (D C)

3 - Calculez l'**effort** que reçoit chaque rotule de fixation des têtes des combinés ressort/amortisseur sur les bras inférieurs quand le véhicule est en configuration **statique** (à l'arrêt tel que décrit)

A ou B :  $F = 260 \text{ kg}$  soit 260 daN environ

B ou C :  $F = 313 \text{ kg}$  . . . 313 daN . . .

(algèbre, forces et "bras de levier")

4 - Calculez la **force** de maintien donnée par les ressorts de chaque combiné en configuration statique.

Idem, 260 daN en A ou B

313 daN en D ou C (forces, le ressort, raideur ou flexibilité d'un ressort . . . "La Préparation des Voitures de Rallyes" de Patrick Michel, "Mémento" BOSCH, Wikipédia . . .)

Le véhicule a été chargé de 365 kg parfaitement répartis afin que le centre de gravité du véhicule ne soit pas déplacé par rapport à la voie et à l'empattement. Cette charge a provoqué un enfoncement **uniforme** des roues de 140 mm (la hauteur de caisse s'est abaissée de 140mm).

5 - Calculez le **déplacement des tiges d'amortisseurs** sur les combinés avant et arrière.

Pour chaque combiné avant (A et B), le déplacement "tige" est de 70 mm pour 140 mm à la roue  
Arrière (B et C) 105 mm

(rapport de bras de levier, cinématique de suspension . . . "La Préparation des Voitures de Rallyes" de Patrick Michel, "Mémento" BOSCH, Wikipédia . . .)

6 - Calculez la force que doit produire chaque combiné ressort/amortisseur pour réagir à cette **action** ?

En A ou B : 137.4 kg soit 137.4 daN environ

En C ou D : 151.7 kg 151.7 daN

(bras de leviers, rapport de bras de levier, rapport de déplacement, cinématique de suspension. . . "La Préparation des Voitures de Rallyes" de Patrick Michel, "Mémento" BOSCH, Wikipédia . . .)

7 - Peut-on en déduire la **raideur des ressorts**. Si oui, quelle est sa valeur sur les ressorts av. et ar.

OUI !

La raideur K de chaque ressort av. :  $K_{AV} = 1.96 \text{ kg/mm}$  soit environ  $19.2 \text{ N/mm}$

$K_{AR} = 1.44 \text{ kg/mm}$   $14.1 \text{ N/mm}$

(forces, le ressort, raideur ou flexibilité d'un ressort . . ."La Préparation des Voitures de Rallyes" de Patrick Michel, "Mémento" BOSCH, Wikipédia . . .)

Le véhicule a été déchargé de ses 365 kg et une série d'essais sont programmés.

Au cours d'un essai, le véhicule a effectué un saut et, à sa réception "à plat", une accélération verticale, appliquée au centre de gravité (G) de  $4.9 \text{ m.s}^2$  a été mesurée à cet instant, par l'**accéléromètre du système d'acquisition de données**.

8 - Quelle est la force verticale appliquée à cet instant sur le centre de gravité du véhicule ?

$F/G = 1074.2 \text{ daN}$  soit  $1095 \text{ kg}$  environ

(Wikipédia, masse, accélération, inertie, gravité, poids, "les lois de Newton", Mémento BOSCH. . .)

9 - Suivant le résultat que vous avez obtenu, l'enfoncement des 4 roues est-t-il uniforme (égal) ?

Pourquoi ?

OUI , car la force est appliquée verticalement sur le centre de gravité et sur ce véhicule, comme dans le cas où le véhicule a été "chargé" de 365 kg.

10 - L'enfoncement est-t-il , supérieur, égal, ou inférieur à 140 mm ? Pourquoi ?

Inférieur, pour deux raisons principales :

- L'accélération de la réception est mesurée sur la partie "Masse suspendue" du véhicule, les roues sont considérées comme "faisant partie du sol" et nous "négligeons" volontairement la déformation verticale des pneumatiques.

- les amortisseurs absorbent et dissipent une partie de l'énergie en jeu. . .

(Wikipédia, masse, accélération, inertie, gravité, poids, "les lois de Newton", Mémento BOSCH. . .

Amortisseurs, Masse suspendue, masses non suspendues, "La Préparation des Voitures de Rallyes" de Patrick Michel)

11 - Quel est le rôle des amortisseurs dans un système de suspension ?

Je vous le demande . . . Mais vous trouverez les réponses dans . . ."La Préparation des Voitures de Rallyes" de Patrick Michel, "Mémento" BOSCH, Wikipédia . . .

12 - Quelle force permet aux roues du véhicule **d'adhérer** sur la piste ?

La gravitation, l'attraction terrestre appliquée sur la masse du véhicule . . . Son poids !

"Pas de difficultés particulières pour cet exercice . . . Attention aux notions de masses suspendues et non suspendues.

Très peu de bonnes réponses pour les efforts sur fixations et ressorts des combinés ressort amortisseurs . . . Attention donc à l'emploi des rapports de bras de levier sur les forces et les mouvements . . .

La raideur d'un ressort, notée K est la mesure de sa flexion sous charge et est communément notée dans le milieu de la course automobile et moto avec les unités :  $\text{Kg} / \text{mm}$  . . ."

## Résultats et, . . . (outils, méthodes, références utilisés pour les résolutions . . .)

### CHASSIS MOTO

On considère une moto dont la **masse** totale y compris le pilote et le carburant est égale à 220 Kg.

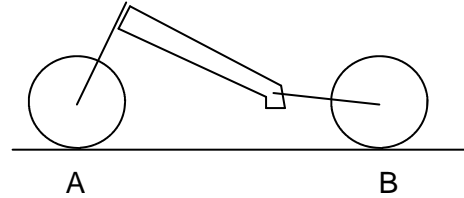
L'**empattement** est de 1600 mm.

**Angle de chasse** : 20°

**Chasse au sol** : 102 mm

On effectue le "poids par roue" et l'on obtient :

- **Poids** relevé à la roue avant (A) : 100 kg
- Poids relevé à la roue arrière (B) : 120 kg



1 – Calculer la position du **centre de gravité (G)** du véhicule par rapport à l'empattement (distance / à l'axe de la roue Av)

La projection verticale du centre de gravité (G) sur le sol est à 872.8 mm de la projection verticale de l'axe de roue av. (A).

(Masse, poids, gravité, Wikipédia, barycentre ou pourcentage . . . tout simplement !)

Cette moto est équipée d'une **fourche télescopique à cartouches d'amortisseur** à l'avant et d'un **combiné ressort/amortisseur** pour l'arrière..

Les **rapports de suspensions**, soit le déplacement tige d'amortisseur / déplacement vertical de la roue sont :

- 1.05 pour la roue avant (A)
- 0.5 pour la roue arrière (B)

Les **masses non suspendues** sont :

- 25 kg pour l'avant
- 20 kg pour l'arrière

2 - Calculez la **force** de maintien donnée par les ressorts de chaque suspension en **statique**.

Av. : 71.43 kg soit 70 daN

Ar. : 200 kg soit 196.2 daN

(Ressort et ses caractéristiques, forces, rapports de déplacement, bras de levier, mouvements et états d'équilibre . . . "La Préparation des Voitures de Rallyes" de Patrick Michel, "Mémento" BOSCH, Wikipédia . . .)

Cette moto (toujours avec pilote!) a été chargée de 175 kg parfaitement répartis afin que le centre de gravité du véhicule ne soit pas déplacé par rapport à l'empattement. Cette charge a provoqué un enfoncement **uniforme** de l'**assiette** (de l'avant et de l'arrière) de 100 mm .

3 - Calculez le **déplacement des tiges d'amortisseurs** sur les suspensions avant et arrière.

Av. : 105 mm

Ar. : 50 mm

(Bras de levier, rapport de déplacement)

4 - Calculez la force que doit produire chaque combiné ressort/amortisseur pour réagir à cette **action** ?

Force totale Av. : 147.2 kg soit 144.3 daN env. / Fourche ou 73.6 kg / Tubes

Force totale Ar. : 391 kg soit 383.6 daN env.

5 - Peut-on en déduire la **raideur des ressorts**. Si oui, quelle est sa valeur sur les ressorts av. et ar.

OUI,  $K = \text{force/déflexion}$

Av. :  $K = 0.36 \text{ kg/mm}$  ou  $3.5 \text{ N/mm}$  env.

Ar. :  $K = 3.82 \text{ kg/mm}$  soit  $37.5 \text{ N/mm}$  env.

(Ressort et ses caractéristiques, . . . "La Préparation des Voitures de Rallyes" de Patrick Michel, "Mémento" BOSCH, Wikipédia . . .)

La moto à été déchargée de ses 175 kg et une série d'essais sont programmés.  
Au cours d'un essai, la moto a effectué un saut et, à sa réception "à plat", une accélération verticale, appliquée au centre de gravité (G) de  $4.9 \text{ m.s}^2$  a été mesurée à cet instant, par l'**accéléromètre** du **système d'acquisition de données**.

6 - Quelle est la force verticale appliquée à cet instant sur le centre de gravité du véhicule ?

$F = 257.42 \text{ daN}$  soit 260 kg env.

( Masse, poids, force d'attraction terrestre, gravité, accélération, centre de gravité d'un objet, . . Wikipédia, Mémento BOSCH, n'importe quelle encyclopédie sérieuse . . . )

7 - Suivant le résultat que vous avez obtenu, l'enfoncement des 2 roues est-t-il uniforme (égal) ? Pourquoi ?

OUI , car la force est appliquée verticalement sur le centre de gravité et sur ce véhicule, comme dans le cas où la moto a été "chargé" de 175 kg.

8 - L'enfoncement est-t-il, supérieur, égal, ou inférieur à 100 mm ? Pourquoi ?

Inférieur, pour trois raisons principales :

- L'effort produit par l'accélération de la réception sur le centre de gravité est égale à  $1/2 g$   
- L'accélération de la réception est mesurée sur la partie "Masse suspendue" du véhicule, les roues sont considérées comme "faisant partie du sol" et nous "négligeons" volontairement la déformation verticale des pneumatiques.

- les amortisseurs absorbent et dissipent une partie de l'énergie en jeu. . .

(Wikipédia, masse, accélération, inertie, gravité, poids, "les lois de Newton", Mémento BOSH. .

Amortisseurs, Masse suspendue, masses non suspendues, "La Préparation des Voitures de Rallyes" de Patrick Michel)

9 - Quel est le rôle des amortisseurs dans un système de suspension ?

Je vous le demande . . .

Mais vous trouverez les réponses dans . . .

"La Préparation des Voitures de Rallyes" de Patrick Michel, "Mémento" BOSCH, Wikipédia . . .

10 - Quelle force permet aux roues du véhicule **d'adhérer** sur la piste ?

La gravitation, l'attraction terrestre appliquée sur la masse du véhicule . . . Son poids !

"Pas de difficultés particulières pour cet exercice . . . A condition d'avoir lu les chapitre "liaison au sol 1 et 2" de "La préparation des voitures de Rallye" de Patrick Michel aux éditions ETAI.

Pour les "motards purs et durs", sachez que cela ne vous arrachera pas un œil . . . , de chercher des informations sur un livre dédié à la préparation de "caisses" . . .

Attention aux notions de masses suspendues et non suspendues.

Très peu de bonnes réponses pour les efforts sur fixations et ressorts des combinés ressort amortisseurs . . . Attention donc à l'emploi des rapports de bras de levier sur les forces et les mouvements . . .

Je vous rappelle aussi que toute force appliquée verticalement sur le centre de gravité d'un objet posé sur un sol horizontal ne fait pas varier son positionnement par rapport à ses appuis . . .

La raideur d'un ressort, notée  $K$  est la mesure de sa flexion sous charge et est communément notée dans le milieu de la course automobile et moto avec les unités :  $\text{Kg} / \text{mm}$  . . ."

## Résultats et, . . . (outils, méthodes, références utilisés pour les résolutions . . .)

### MOTEUR

On considère un moteur **4 cylindres**, dont l'**alésage** des cylindres est de **90 mm**.

La **course** des pistons est de 78.5 mm

L'**entraxe de bielle** est égal à **160 mm**.

Le **Rapport Volumétrique** (Rv) donné par le constructeur est de 11.5

La **distribution** est assurée par deux **arbres à cames** en tête et 4 **soupapes** par cylindre

La **puissance** maxi constructeur est de 240 CV au régime de 9000 t/min

1 - Calculer la **cylindrée du moteur** et déduisez-en sa **puissance spécifique (en Kw/l)** ?

Cylindrée totale = 1996 cm<sup>3</sup> soit un moteur "deux litres" d'une puissance spécifique de 90 KW/l

2 - Calculer le volume de la **chambre de combustion** sachant que  $Rv = \frac{V+v}{v}$

Rv : rapport volumétrique

V : cylindrée unitaire

v : volume de la chambre

$$v = 47.54 \text{ cm}^3$$

Quel type de **carburant** est utilisé pour ce moteur ? **Supercarburant ou équivalent**

Un motoriste, chargé de la "préparation" du moteur (*Vous, dans quelques temps . . . ?*),

Met en place un **disque gradué** sur le **vilebrequin** afin d'effectuer des **mesures angulaires**.

Il prend pour référence la position du piston au **Point Mort Haut (PMH)** et ajuste son index sur le zéro (0) du disque gradué.

Après avoir relevé les **calages de distribution**, le motoriste déculasse et effectue le relevé de la position du piston par rapport à l'angle vilebrequin (*ceci est rarement effectué, mais nous avons affaire à un très bon préparateur, curieux et ne laissant que peu de place au hasard . . .*)

Le vilebrequin est tourné de degré en degré en partant du repère Point Mort Haut (PMH).

3 - Calculez la position du piston (sa course par rapport au PMH) pour les valeurs angulaires de position de vilebrequin de 45°, 90°, 135° et 180° ?

$\alpha$ vilo	Position piston /PMH Pour L = 160 mm
0°	0
45°	13.925 mm
90°	44.14 mm
135°	69.425 mm
180°	78.5 mm

(Trigonométrie, sinus, cosinus et Pythagore)

5 - Supposons que l'**entraxe de la bielle** soit . . . , infiniment long, (*cela n'existe pas mais raisonner par l'absurde permet parfois de "mieux" voir et donc "mieux" comprendre*), calculez de nouveau la position du piston pour les mêmes valeurs angulaires de vilebrequin (45°, 90°, 135° et 180°).

$\alpha$ vilo	Position piston /PMH Pour L = 160 mm	Position piston / PMH Pour L = $\infty$	Différence de position
0°	0	0	0
45°	13.925 mm	11.5 mm	2.425 mm
90°	44.14 mm	39.25 mm	5.46 mm
135°	69.425 mm	67 mm	2.425 mm
180°	78.5 mm	78.5 mm	0

6 - Que constatez-vous ? Et pourquoi ?  
Voir tableau ci-dessus.  
(Trigonométrie, sinus, cosinus et Pythagore)

La question porte sur la position du piston et non la course qui est définie par le rayon de manivelle seul.

Les différences de position du piston pour un même angle de rotation vilebrequin ( $\alpha$  vilo) et pour une même course, auront une incidence sur les accélérations du piston et l'évolution de la pression dans le cylindre . . .

7 - Calculez la **Vitesse Moyenne du Piston (VMP)** au régime de 9000 t/min : **23.55 m/s**

8 - Calculez la **force** due à la **pression des gaz** qui est exercée sur la bielle quand le piston est au PMH quand la pression à l'intérieur de la **chambre de combustion** est de 50 bars : **F = 3119.6 daN soit 3180 kg env.**  
(pression, force, Wikipédia . . .)

9 - Quel **couple** (au vilebrequin), dû à cette pression, nous obtenons au PMH ? **Couple nul !**  
( les forces, couple de force, bras le levier, . . . Wikipédia et autres . . . )

Notre "préparateur" choisi d'augmenter le régime de rotation de 10 %, car il déduit des calculs de section de conduits culasse (*il a appris ça à l'Ecole de la Performance. . .*) que le moteur conservera la valeur de couple qu'il fourni au régime de 9000 t/min . . .

10 - Quelle augmentation de puissance espère-t-il obtenir par cette modification ? **+ 10%**  
Pourquoi ? (formule de puissance, puissance d'un moteur . . . Wikipédia, Bosh , . . .)

11 - Par ailleurs, quels problèmes mécaniques risque-t-il de rencontrer ? Pourquoi ?  
(*il a aussi appris ça, mais . . ., cède aux pressions de son client . . .*)  
( je vous laisse y réfléchir . . . Masse, accélération, inertie, résistance des matériaux , lois de Newton , . . . Wikipédia, traités de mécanique . . . )

12 - Mais après mûre réflexion, il renonce à l'augmentation de régime (*un peu de sagesse . . .*)  
Grâce à une préparation optimisée, il obtient une augmentation de 10 % des valeurs mesurées sur toute la courbe de couple . (*Il est très fort !*)

- Quelle augmentation de puissance obtient-il par ce gain de couple ?  
**10 % soit 24 CV env.**

- De quel pourcentage, la **Pression Moyenne Effective (PME)** a-t-elle progressée ?  
**10 %**  
(Les formules et définitions de Pression Moyenne Effective, Couple moteur et Puissance sont accessibles sur n'importe quel traité de mécanique moteur sérieux et sur . . . Wikipédia . . .)

"Pas si facile que ça, les questions 3, 5 et 6 . . .

Mais, la plupart d'entre vous n'a pas bien lu l'énoncé . . . Qui ne vous questionnait que sur la position du piston / PMH et non sur la valeur de la course ! Qui est invariable quelque soit la longueur de bielle. . .

Si je vous ai posé ce problème, s'est surtout pour vous obliger à "pratiquer" de la Trigonométrie, utiliser les sinus et cosinus, renouer avec ce bon vieux Pythagore . . . Vous retrouverez de la Trigonométrie en mécanique statique et surtout dynamique, partout où le mouvement d'un objet se fait autour d'un axe de rotation . . .

Vous l'utiliserez pour les décompositions des forces et résultantes, les calculs et évolutions des rapports de déplacement roues/ combinés amortisseurs, lois de levée soupape / profils de cames sur une distribution à linguets ou à basculeurs, position et accélérations du piston, efforts de frottement du piston sur le cylindre . . .

Enfin, certains d'entre vous ont affirmé "une vérité" qui n'en n'était pas une . . . Sans être capable de la démontrer par le calcul, un croquis ou avec l'aide de références Mécaniques et Physiques. . .

Vous devez être capable de démontrer, donc de comprendre ce que vous affirmez et appliquez. Vous ne ferez votre place dans la compétition qu'à ce prix là. . .

L'Ecole de la Performance vous sera d'un excellent soutien pour obtenir ce résultat. A condition de bien s'y préparer . . ."