Concours National Commun (CNC), Maroc

# Session 2015, filière TSI

## Physique I

Durée : 4 heures

### Ce que traite le sujet

- Partie 1 : contrôle de la suspension et des roues d'une voiture
- Partie 2 : étude du mouvement d'une voiture
- Partie 3 : quelques situations à risques
- Partie 4 : utilisation de radars pour mesurer des vitesses

**Sujet reproduit sans retouche à partir de la page suivante.**

Résumé des parties, chapitres de cours liés et autres années :
prepahelp.com/annales/cnc/tsi/2015/physique1

Prepa Help ne revendique aucun droit sur le sujet, propriété de l'organisateur du concours.

**ROYAUME DU MAROC**
**المملكة المغربية**

Ministère de l'Enseignement Supérieur,
de la Formation des Cadres et de la Recherche Scientifique

Présidence du Concours National Commun 2015
**Ecole Nationale Supérieure d'Electricité et de Mécanique**

ENSEM

# CONCOURS NATIONAL COMMUN

d'Admission dans les Établissements de Formation

d'Ingénieurs et Établissements Assimilés

Edition 2015

## ÉPREUVE DE PHYSIQUE I

Filière **TSI**

Durée **4** heures

Cette épreuve comporte 9 pages au format A4, en plus de cette page de garde
L'usage de la calculatrice est *autorisé.*

• On veillera à une présentation et une rédaction claires et soignées des copies. Il convient en particulier de rappeler avec précision les références des questions abordées.

• Si, au cours de l'épreuve, un candidat repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il le signale sur sa copie et poursuit sa composition en indiquant clairement les raisons des initiatives qu'il est amené à prendre.

• Toutes les réponses devront être très soigneusement justifiées.

• Si un résultat donné par l'énoncé est non démontré, il peut néanmoins être admis pour les questions suivantes. Ainsi, les diverses parties du problème sont relativement indépendantes entre elles.

## QUELQUES ASPECTS SUR L'UTILISATION DE VÉHICULES AUTOMOBILES

Cette épreuve est formée de plusieurs parties largement indépendantes. Son objet est d'étudier quelques aspects relatifs l'utilisation des véhicules automobiles. La première partie aborde le contrôle des pneus, des roues et de la suspension d'une voiture. La deuxième et la troisième parties abordent des aspects mécaniques du mouvement d'une voiture ainsi que quelques aspects relatifs au fléau des accidents de la route. Les causes des accidents relèvent de l'état des véhicules, de l'état des routes, mais aussi en grande partie de l'erreur humaine. Il s'agit en particulier du non respect des recommandations de la sécurité routière : usage des ceintures et airbags de sécurité, respect de la distance réglementaire entre véhicules ; mais aussi d'éviter l'excès de vitesse. Enfin la dernière partie étudie l'utilisation de radars pour contrôler la vitesse des véhicules.

**Données**

- Tous les gaz considérés sont supposés parfaits.
- Constante des gaz parfaits : $R = 8{,}31\ SI$.
- Correspondance des températures : $T(K) = t(°C) + 273$.
- 1bar =$1,01.10^5 Pa$.
- Champ de pesanteur (supposé uniforme) : $g = 9,8\ m.s^{-2}$.
- Vitesse de la lumière : $c = 3.10^8\ ms^{-1}$.

# 1 Contrôle de la suspension et des roues d'une voiture

La vérification et les réglages du bon fonctionnement de la suspension et des roues d'un véhicule sont essentiels pour la sécurité et le confort des passagers. On considère une voiture dont la masse sans les quatre roues est $M = 1100\ kg$. La masse d'une roue, assimilée à un cylindre de diamètre $d = 60\ cm$, est $m = 18\ kg$ ; le diamètre de la jante (métallique) vaut $d' = 40\ cm$.

## 1.1. Suspension d'une voiture

On suppose que la masse M est équirépartie sur chacun des quatre amortisseurs identiques. On modélise chaque amortisseur à l'aide d'un ressort de longueur à vide $l_0$ et de raideur $k$ en parallèle avec un amortisseur exerçant une force de frottement visqueux $\overrightarrow{F_f} = -h.\overrightarrow{v}$, où h est une constante positive et $\overrightarrow{v}$ la vitesse verticale du châssis. La voiture est à l'arrêt et on étudie les mouvements verticaux relativement à l'axe Y'OY d'un référentiel galiléen. (figure 1).

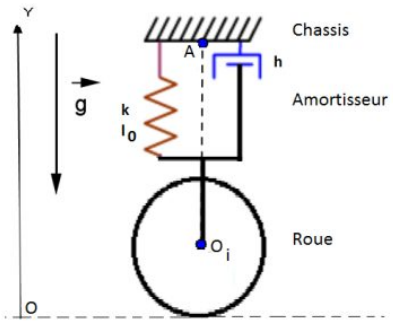



**Figure 1**

1.1.1. Lors d'un changement de roue, à l'aide d'un cric, on soulève la voiture d'une hauteur minimale de 20 cm de telle sorte que cette roue ne touche pas le sol. On observe alors que la distance entre le centre $O_i$ de la roue et le point A de fixation de l'amortisseur au châssis est $O_iA = 40\ cm$. Déterminer les caractéristiques ( $k, l_0$) du ressort.

1.1.2. Lorsque la voiture repose sur le sol, on enfonce un amortisseur (donc le point A) d'une distance $y_0$ et on l'abandonne.

Quelle valeur faut-il donner au coefficient h, pour avoir le retour le plus rapide à l'équilibre ? Déterminez, alors, la forme de l'équation horaire $y(t)$ du point A solidaire du châssis.

## 1.2. Équilibrage statique d'une roue

1.2.1. La nature des pneus influe sur les performances d'une voiture. Citer un avantage et un inconvénient d'un pneu dont le contact avec le sol est large.

1.2.2. Un mécanicien travaille sur une roue de la voiture et la fait tourner dans le plan vertical autour de son axe $O_i$Z (horizontal) en lui communiquant un vecteur rotation initial $\overrightarrow{\omega}(t = 0) = \omega_0 \overrightarrow{u}_z$. Il constate alors que la roue s'arrête toujours dans la même position. Expliquer ce qui se passe. Que peut-on dire de la position du centre de masse $G_i$ de la roue à ce moment là ?

1.2.3. Le mécanicien décide donc d'équilibrer la roue, en plaçant une masse de plomb sur la circonférence de la jante. Comment repère-t-il le point $M$ où il doit placer le plomb ?

1.2.4. Il détermine expérimentalement qu'il doit fixer au point $M$ de la jante la masse $m_p = 20\ g$ (d'un plomb). Comment trouve-t-il cette valeur ?

1.2.5. A quelle distance $\rho$ de l'axe $O_iZ$ se trouvait le centre de masse $G_i$ de la roue ?

1.3. Équilibrage statique et dynamique

Considérons la roue de voiture, de masse m et de centre de masse $G_i$. Elle est en rotation autour de l'axe $O_iZ$ du référentiel fixe $\Re$ $(O_iXYZ)$ galiléen, $O_i$ étant le centre géométrique de la roue. On considère un référentiel $\Re'(O_i'X'Y'Z')$ lié à la roue, avec $O_i$ et $O_i'$ confondus (Figure 2). Dans la pratique, on réalise simultanément l'équilibrage statique et dynamique de cette roue, à l'aide de deux masselottes de masses $m_1$ et $m_2$ placées en deux points $M_1$ et $M_2$ de coordonnées $(x_1', y_1', z_1')$ et $(x_2', y_2', z_2')$.

Les actions mécaniques qui s'exercent sur la roue sont :

– Les liaisons de l'axe (ou moyeu) sur la roue sont caractérisées par une résultante $\overrightarrow{R_l}$, donc la roue exerce sur l'axe la réaction $\overrightarrow{R}' = -\overrightarrow{R_l}$.

– Les autres forces de résultante $\overrightarrow{F}$.

Le barycentre $G_i$ de la roue est repéré dans le référentiel $\Re'$ par $G_i(x_i' = \rho, z_i')$ et le vecteur rotation de la roue par rapport au référentiel $\Re$ est $\overrightarrow{\omega} = \dfrac{d\theta}{dt}\overrightarrow{u}_z$.

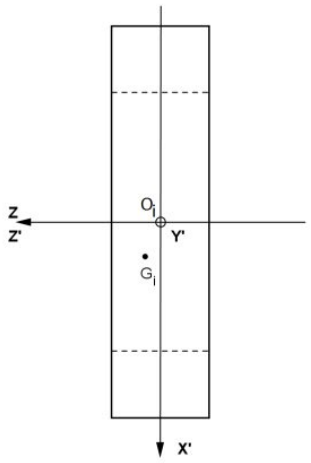



**Figure 2**

1.3.1. Exprimer le vecteur accélération du barycentre $G_i$ en coordonnées cylindriques dans le référentiel $\Re$.

1.3.2. Appliquer le théorème de la résultante cinétique à la roue et en déduire les composantes de la réaction de la roue sur l'axe. Expliquer comment le mouvement de la roue contribue à l'usure de l'axe (et des roulements).

1.3.3. Considérons une voiture qui roule à 120 $km.h^{-1}$ (sans glisser). Calculer la force radiale (latérale) dûe au mouvement de la roue sur l'axe. On donne $\rho = 0,22mm$.

1.3.4. Déterminer alors la fréquence des vibrations dûes à cet effort latéral.

1.3.5. Pour réaliser l'équilibrage statique, on place les deux masselottes de façon à ce que le nouveau centre de masse de la roue se trouve sur l'axe $O_iZ$. Quelles sont les relations vérifiées par les masses et les coordonnées des deux masselottes ?

1.3.6. Définir une liaison pivot parfaite.

1.3.7. Pour réaliser l'équilibrage dynamique, le vecteur moment cinétique de la roue doit être parallèle à son vecteur rotation. On montre, et on l'admettra, que les positions des deux masselottes vérifient le système suivant :

$$\begin{cases} I + m_1.x'_1.z'_1 + m_2.x'_2.z'_2 = 0 \\ J + m_1.y'_1.z'_1 + m_2.y'_2.z'_2 = 0 \end{cases}$$

avec $I \neq 0$, et $J \neq 0$.

Montrer que les masselottes sont dans des plans différents, perpendiculaires à l'axe $O_i$Z.

1.4. Gonflage des pneus d'une voiture

Une chambre à air d'un pneu d'automobile est gonflée à la pression $P_1 = 2bars$, l'air étant à la température $t_1 = 27°C$. On suppose que le volume intérieur à la chambre à air reste à peu près constant.

1.4.1. Après avoir roulé sur autoroute, la température dans la chambre à air atteint la valeur $t_2 = 57°C$. Exprimer la pression $P_2$ de l'air dans le pneu et la calculer sa valeur numérique.

1.4.2. A ce moment, le conducteur vérifie la pression des pneus et, la trouvant excessive, la ramène à $P_1 = 2bar$, sans que l'air ait eu le temps de refroidir. Quelle sera la pression $P'_1$ des pneus quand la température sera revenue à $t_1 = 27°C$ ?

1.4.3. Si le conducteur n'avait pas modifié la pression du pneu et sachant que la pression maximale admissible dans le pneu est $P_{max} = 6bars$, à quelle température $t_{max}$ le pneu risque-t-il d'exploser ?

## 2 Étude du mouvement d'une voiture

Pour étudier le mouvement d'une voiture on peut la modéliser, sommairement, comme un système (Σ) formé d'un ensemble de solides : $(\Sigma) = (S_0) \cup (S_1) \cup (S_2) \cup (S_3) \cup (S_4)$ (Figure 3).

$(S_0)$ : représente la carrosserie schématisée comme un solide de forme parallélépipédique et de masse M.

$(S_i)$ $(1 \leq i \leq 4)$ : représente la roue i, les quatre roues de la voiture sont supposées toutes identiques. Chaque roue $S_i$ est assimilée à un cylindre solide homogène de rayon r= 0,3 m, de centre $G_i$, de masse m = 18 kg et de moment d'inertie autour de l'axe du cylindre $\Delta_{G_i}$ : $J = \frac{1}{2}mr^2$.

La masse totale de la voiture avec sa charge (passagers et bagages) est $M' = 1400kg$. Son centre de masse est noté G.

Tous les mouvements sont étudiés par rapport au référentiel $\Re$(OXYZ) galiléen lié au sol et muni de la base cartésienne $\{\overrightarrow{u}_x, \overrightarrow{u}_y, \overrightarrow{u}_z\}$. On négligera la résistance de l'air. Les liaisons roues-carrosserie sont parfaites.

2.1. Préliminaire

2.1.1. On considère l'une des roues $(S_i)$. Exprimer le vecteur position $\overrightarrow{OG_i}$ et le vecteur vitesse $\overrightarrow{v}_i$ du barycentre $G_i$ dans la base cartésienne (Figure 3).

2.1.2. Donner l'expression du vecteur vitesse de glissement $\overrightarrow{v}_g$ du solide $(S_i)$ par rapport au sol noté $(S')$.

Soit $\overrightarrow{\omega} = \omega\overrightarrow{u}_z$ le vecteur rotation de la roue ($\omega = \frac{d\theta}{dt}$). On suppose que la roue roule sans glisser sur le sol.

2.1.3. Donner alors la relation entre la vitesse linéaire $v_i$ et la vitesse de rotation $\omega$

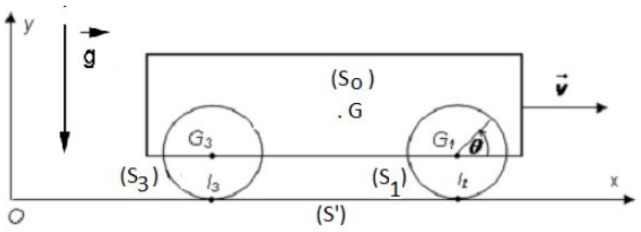



**Figure 3**

2.1.4. Déterminer l'expression de l'énergie cinétique de la voiture (Σ) par rapport au référentiel $\Re$ en fonction de m, M' et $v_i$.

2.2. On s'intéresse maintenant au mouvement de la voiture, lors duquel son barycentre G se déplace dans le plan vertical OXY avec une vitesse $\overrightarrow{v} = v\,\overrightarrow{u}_x$ et une accélération $\overrightarrow{a} = a\,\overrightarrow{u}_x$. Les roues avant (1) et (2) sont motrices.

On suppose que le sol exerce sur une roue $(S_i)$ la réaction $\overrightarrow{R}_i = T_i\,\overrightarrow{u}_T + N_i\,\overrightarrow{u}_N$

– $T_i\,\overrightarrow{u}_T$ : est la force de frottement de glissement.
– $N_i.\overrightarrow{u}_N$ : est la réaction normale.

On désigne par f le coefficient de frottement roue-sol (on confondra coefficient statique et coefficient dynamique). Dans la suite, on supposera que les roues roulent sans glisser sur le sol sauf lors du freinage.

2.2.1. La figure 4 donne les variations du module de la vitesse au cours du temps.

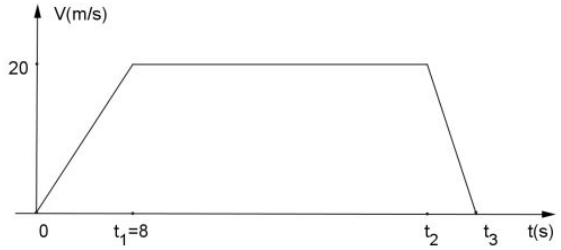



**Figure 4**

Donner en fonction de $t_2$, $t_3$ et t les expressions de la vitesse $v$(t) et de l'accélération $a$(t) dans les trois intervalles de temps.

2.2.2. Pendant la phase d'accélération, le moteur exerce sur chacune des roues avant le couple $\overrightarrow{\Gamma} = \Gamma\,\overrightarrow{u}_z$. Déterminer l'expression $P_m$ de la puissance développée par le moteur en fonction de r, $v$ et Γ.

2.2.3. En déduire l'expression de l'accélération $a$, pendant cette première phase du mouvement, en fonction de r, m, M' et Γ.

2.2.4. Entre les instants $t_2$ et $t_3$, le véhicule freine et les roues glissent sur le sol. On suppose que le moteur n'exerce aucun effort. Déterminer la relation entre la distance de freinage $d_f$ et le coefficient de frottement f.

2.2.5. Citer au moins deux facteurs qui diminueraient la valeur du coefficient de frottement f (roue-route).

## 3 Quelques situations à risques

3.1. Mouvement dans un virage

Lorsque les véhicules abordent un virage avec une vitesse non convenable, ils peuvent déraper (se déplacer latéralement) et sortir ainsi de leur route ; avec risque d'accident. On étudie le mouvement d'une voiture lors d'un virage ayant la forme d'un quart de cercle de rayon R et de centre C. Le barycentre G décrit un mouvement circulaire uniforme, situé dans un plan horizontal, avec une vitesse de module constant $v$. On désigne par $M'$ la masse de la voiture.

On modélise la réaction du sol par une réaction $\overrightarrow{R'}$ susceptible de faire déraper les roues et donc la voiture latéralement selon l'axe CG, ce glissement latéral est caractérisé par le coefficient de frottement f'. L'expression de la réaction du sol peut s'écrire sous la forme : $\overrightarrow{R'} = T'\overrightarrow{u'}_{T'} + N'\overrightarrow{u'}_{N'}$, avec :

- $T'\overrightarrow{u'}_{T'}$ représente la force de frottement de glissement latéral, elle est colinéaire à la vitesse de glissement latéral selon l'axe CG,
- $N'\overrightarrow{u'}_{N'}$ est orthogonale à la force de frottement, et au plan de la route.

3.1.1. Comment peut-on justifier, simplement, que f' $\neq$ f pour une roue ?

3.1.2. On suppose que le virage est situé dans un plan horizontal (// XOZ). Rappeler l'expression de l'accélération dans la base de Frenet ($\overrightarrow{u}_t$, $\overrightarrow{u}_n$, $\overrightarrow{u}_b = \overrightarrow{u}_t \wedge \overrightarrow{u}_n$).

3.1.3. Montrer que pour éviter le dérapage, la vitesse de la voiture ne doit pas dépasser une valeur limite : $v < v_{lim}$.
Donner l'expression de cette vitesse limite en fonction de R, g et f'. Faire l'application numérique pour R = 20 m et f'=0,8.

3.1.4. On suppose maintenant que la route du virage est inclinée et forme avec le plan horizontal XOZ un angle $\alpha$.

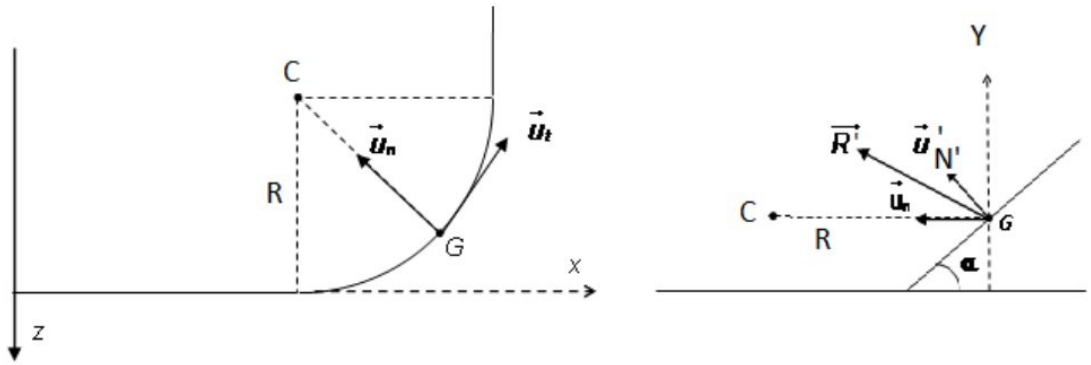



**Figure 5**

3.1.4.1. Donner les expressions des deux composantes T' et N' de la réaction en fonction de R, g, $M'$, $v$, f' et $\alpha$.

3.1.4.2. Déterminer l'expression de la vitesse $v_{cr}$ pour laquelle la réaction est orthogonale à la route.

3.1.4.3. On suppose que la voiture aborde le virage avec une vitesse $v$ telle que $v \leq v_{cr}$. Montrer qu'il n'y aura pas de dérapage si $v \geq v_{min}$ et exprimer la valeur minimale $v_{min}$ de la vitesse en fonction de R, g, f' et $\alpha$. Commenter.

3.1.4.4. On suppose maintenant que la voiture aborde le virage avec une vitesse $v$ qui vérifie la condition : $v \geq v_{cr}$. Montrer qu'il n'y aura pas de dérapage si $v \leq v_{max}$ et exprimer la valeur maximale $v_{max}$ de la vitesse en fonction de R, g, f' et $\alpha$. Commenter.

3.2. Étude d'un accident entre deux véhicules

Sur une route rectiligne parallèle à OX, on considère une voiture qui se déplace à une vitesse constante $v_0$ derrière un camion qui roule dans le même couloir, et dans le même sens à la vitesse constante $v_0' = kv_0$.

A un instant t = 0, pris comme origine des temps, le conducteur du camion freine brusquement (les feux de stop s'allument à l'arrière du camion) et le conducteur de la voiture freine à un instant $t = t_r$. On prendra la position de la voiture à t = 0 comme origine des espaces et on note D la distance entre le devant de la voiture et l'arrière du camion.

Dés l'instant du freinage pour chaque véhicule, les roues glissent sur la route avec un coefficient de frottement f qu'on supposera identique pour toutes les roues des deux véhicules. On supposera également que les moteurs n'exercent plus d'efforts sur les deux véhicules. On s'intéresse aux mouvements des deux véhicules entre leur freinage et leur immobilisation.

On donne : la masse de la voiture $M' = 1400kg$, D = 35 m, $v_0 = 90km.h^{-1}$, f = 0,6 et $k = \frac{2}{3}$.

3.2.1. On suppose ici que le conducteur de la voiture freine au même instant que le conducteur du camion : $t_r = 0$.

3.2.1.1. Déterminer les expressions des accélérations $a_1$ et $a_2$ respectives de la voiture et du camion.

3.2.1.2. On désigne par $d_1$ et $d_2$ les distances d'arrêt pour la voiture et pour le camion respectivement. Montrer, en le justifiant, qu' il n'y a pas d'accident.

3.2.1.3. En réalité on doit tenir compte du facteur humain relatif au temps de réflexe, c'est à dire que le conducteur de la voiture freine après le conducteur du camion avec un retard $t_r$. Donner l'expression de la valeur maximale $t_{rm}$ de ce retard pour que l'accident soit juste évité.

Quelles autres précautions permettraient au conducteur de la voiture de diminuer le risque d'accident.

3.2.2. On suppose que le conducteur de la voiture freine à l'instant $t_r = 2\ t_{rm}$.

3.2.2.1. Donner alors l'expression de la vitesse $v_a$ de la voiture au moment du choc en fonction des données $v_0$, D, g, f, $d_1$ et $d_2$.

Au moment du choc, le camion est supposé immobile. On suppose que les deux véhicules restent accolés après le choc et on suppose le système voiture-camion, noté $(\Sigma')$, comme pseudo-isolé pendant la très courte durée du choc. Entre l'instant du choc et l'instant d'immobilisation, ce système parcourt la distance $d_a$ pendant une durée T.

3.2.2.2. En appliquant la deuxième loi de Newton, exprimer la vitesse $v_a'$ de la voiture (donc de l'ensemble) juste après le choc en fonction de $v_a$ sachant que la masse du camion est $M_c = 9M'$.

3.2.2.3. On suppose que le système $(\Sigma')$ glisse sur la route selon un mouvement uniformément retardé avec le coefficient de frottement de glissement f.

Déterminer l'expression de la durée T avant l'immobilisation. Faire l'application numérique si $v_a$ =8 $m.s^{-1}$.

3.2.3. Effets d'un accident sur les usagers de véhicules

Les voitures modernes sont équipées de ceintures de sécurité qui retiennent les passagers sur leurs sièges afin de diminuer l'impact des accidents.

3.2.3.1. On suppose ici que lors du choc, le conducteur est seulement retenu par la ceinture de sécurité. Déterminer l'expression du module $F_1$ de la force moyenne exercée par la ceinture sur le conducteur, durant la durée T, en fonction des données.

3.2.3.2. Faire l'application numérique sachant que le conducteur a une masse $m_c$=70 kg. Commenter ce résultat sachant que l'effet de cette force sur le thorax, est critique au dessus de 800 daN pour une personne jeune, et de 400 daN pour une personne âgée.

3.2.3.3. Au moment du choc, le passager à côté du conducteur n'avait pas mis sa ceinture de sécurité. Sa tête entre en choc avec le pare-brise pendant une durée $\tau = 6ms$ au bout de laquelle ce dernier se brise. La tête de ce passager a une masse $m_t$=3, 6 $kg$ et la surface de contact entre la tête et le pare-brise est $s$= 6 $cm^2$. Estimer la pression moyenne exercée par le pare-brise sur la tête de ce passager.

3.2.3.4. Le passager derrière le conducteur n'ayant pas de ceinture de sécurité, va heurter le siège du conducteur. Déterminer le module $F_3$ de la force moyenne que ce passager exerce sur ce siège, sachant que sa masse vaut $\frac{m_c}{2}$. Commenter.

Les ceintures de sécurité restent moins efficaces lors d'accidents à des vitesses élevées. Les organes des passagers sont projetés contre la cage thoracique et la paroi abdominale et le cerveau risque de s'écraser contre le crâne, entraînant éventuellement une paralysie à vie. En plus des ceintures de sécurité, les voitures modernes sont équipées de systèmes d'amortissement appelés airbags. Un airbag est un sac souple qui se gonfle très rapidement, au moment de l'accident, par un gaz produit par décomposition d'une poudre solide (azoture de sodium). Le déclenchement de ce processus est assuré par un capteur de décélération du véhicule.

3.2.4. On suppose que l'airbag est déclenché et se remplit instantanément de gaz. L'airbag est assimilé à un cylindre en nylon de rayon $r_a$ = 20 $cm$ et de hauteur $h_a$ = 50 $cm$. On supposera que la température du véhicule reste constante, $T$=300$K$, durant l'accident.

3.2.4.1. L'habitacle de la voiture est supposé étanche et a un volume intérieur de $V_v$= 4 $m^3$. Sachant que la pression initiale est $P$=$10^5 Pa$, déterminer l'augmentation de pression $p(M,t)$ (surpression) dans l'intérieur de la voiture.

3.2.4.2. Les sons perçus par l'oreille sont des ondes acoustiques où la grandeur ondulatoire est la surpression $p(M,t)$.

La surpression maximale supportée par l'oreille humaine (seuil de douleur) est de $20Pa$. Conclure sur le son suivant l'ouverture de l'airbag. Commenter.

## 4 Utilisation de radars pour mesurer des vitesses

L'excès de vitesse est l'une des plus importantes causes d'accidents mortels. Pour contrôler et sanctionner ces excès, les agents de contrôle routier utilisent un radar. Cet appareil est formé d'une source fixe S qui émet des ondes électromagnétiques de fréquence $\nu$ ; ces ondes seront réfléchies par le véhicule puis captées par le radar. Leur fréquence sera alors $\nu'$ : c'est l'effet Doppler.

4.1. Mesure de la vitesse d'un véhicule par un radar

Considérons une source S (radar) fixe qui émet des ondes électromagnétiques de fréquence $\nu = 5\ GHz$, ces ondes se propagent dans l'air à la célérité c. On prendra le point S confondu avec l'origine $O$ des espaces et on notera $M$ la position à l'instant t du véhicule contrôlé. On considère que la trajectoire du véhicule est rectiligne suivant l'axe OX, avec une vitesse constante $v$ .




**Figure 6**

4.1.1. A un instant t = 0, la voiture se trouve à la distance $d_0$ de la source $S$, et à cet instant, S émet un premier signal qui arrive sur la voiture à l'instant $t = t_0$, puis se réfléchi vers S. Établir l'expression de $t_0$.

4.1.2. Établir l'expression de l'instant $t_1$ d'arrivée du signal réfléchi en $S$.

4.1.3. A l'instant $t = T$, la voiture est en $M_1$ et à cet instant la source émet un deuxième signal. Ce dernier atteint la voiture à l'instant $t = t_2$ puis se réfléchi. Établir l'expression de l'instant $t_2$.

4.1.4. Établir l'expression de l'instant $t_3$ d'arrivée du deuxième signal réfléchi en $S$.

4.1.5. Établir l'expression de la période $T'$ qui sépare l'arrivée en $S$ des deux signaux réfléchis (successifs). En déduire l'expression de la fréquence $\nu'$ des signaux réfléchis.

Comparer $T$ à $T'$ et commenter.

4.1.6. Soit $v$ la vitesse du véhicule contrôlé. Déterminer la relation entre $v$ et l'écart $\delta\nu = \nu' - \nu$ entre les deux fréquences.

4.1.7. On donne $\delta\nu = 972Hz$, calculer la valeur $v$ de la vitesse du véhicule et commenter sachant que la vitesse maximale autorisée est de 80 $km.h^{-1}$.

4.1.8. Donner d'autres exemples d'application de l'effet Doppler dans d'autres domaines.

4.2. Principe de détection par le radar

4.2.1. L'air est assimilé au vide. On suppose que le radar émet une onde électromagnétique plane progressive selon $\overrightarrow{u}_x$, polarisée selon $\overrightarrow{u}_y$, sinusoïdale de fréquence $\nu$ et d'amplitude $E_0$. Donner l'expression du champ électrique $\overrightarrow{E}_i(M,t)$ associé à cette onde.

4.2.2. Donner l'expression du champ magnétique $\overrightarrow{B}_i(M,t)$ de cette onde.

4.2.3. Justifier qualitativement l'existence d'une onde réfléchie par le véhicule contrôlé ; celui-ci est assimilé à un conducteur parfait.

4.2.4. L'onde réfléchie est détectée par le radar à l'aide d'un cadre conducteur grâce au phénomène d'induction électromagnétique. Écrire la loi de Faraday qui donne la force électromotrice induite e.

# Travailler les chapitres de ce sujet

Prepa Help suit le programme de TSI chapitre par chapitre : cours détaillé, méthodes, pièges, exercices et problèmes corrigés pas à pas, tirés des concours. L'essai gratuit donne accès aux chapitres offerts de ta filière, sans carte bancaire.

## Chapitres liés à ce sujet

- Dynamique des solides et des systèmes : principe fondamental, stratégie d'isolement, équilibrage dynamique
- Grandeurs inertielles et cinétiques : masse, centre d'inertie, matrice d'inertie, torseurs cinétique et dynamique, énergie cinétique, inertie équivalente
- Équations différentielles linéaires du second ordre
- Description et paramétrage du mouvement d'un point

## Ouvrir l'essai gratuit

Scanne le code ou clique sur le bouton.

**prepahelp.com/#essai**

Une question sur le concours ou sur ta filière :
**écrire sur WhatsApp**

Les autres années et épreuves : prepahelp.com/annales/cnc/tsi