

AUTOMOTRICE GRANDE VITESSE ALSTOM

Problématique :

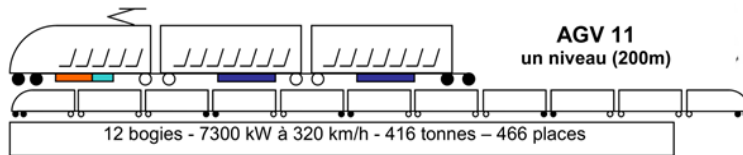
Contexte

Architecture

L'AGV adopte le principe de la motorisation répartie, tous les essieux pouvant être moteur (à la demande du client) (figure 1).

L'AGV 11 dispose de 6 bogies moteur. Chaque bogies est composé de deux moteurs, deux essieux et 4 roues (toutes motrices).

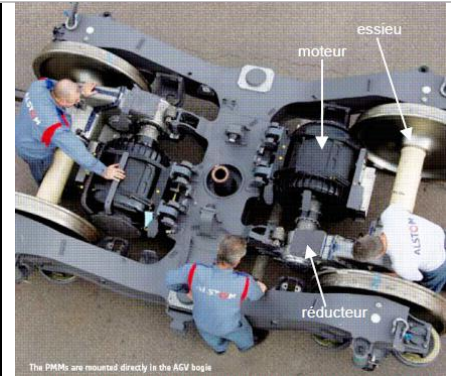
Cette disposition permet de gagner de l'espace « utile » dans les rames. Les équipements de traction (onduleurs notamment) sont installés sous le plancher voyageurs de chaque voiture. Les caisses d'extrémités peuvent accueillir des voyageurs. La capacité peut aller jusqu'à 460 places assises pour une rame de 200 m de long. **La masse totale en charge est de 416 tonnes pour l'AGV 11.**



Equipement électrique

Grâce à l'utilisation de convertisseurs de traction à IGBT refroidis à l'eau et de moteurs synchrones à aimants permanents, le rapport puissance/poids de l'AGV est très élevé. L'ordre de grandeur de 22 kW/t permet de réduire la masse de 430 à 395 tonnes par rapport aux TGV actuels.

De même l'aérodynamisme est amélioré de 15 % et les coûts de maintenance de 30 % tout en augmentant la capacité à bord de 20 %.



résistance à l'avancement

L'efficacité d'un train se mesure aussi par une faible résistance à l'avancement. Plus celle-ci est petite, moins sa consommation d'énergie est grande.

Cet effort résistant, F_{RAV} , s'oppose à l'avancement du train et s'exprime en fonction de la vitesse V du train par une équation du type :

$$F_{RAV} = A + B.V + C.V^2 \text{ avec } F_{RAV} \text{ en N et } V \text{ en m/s}$$

Et pour une AGV :

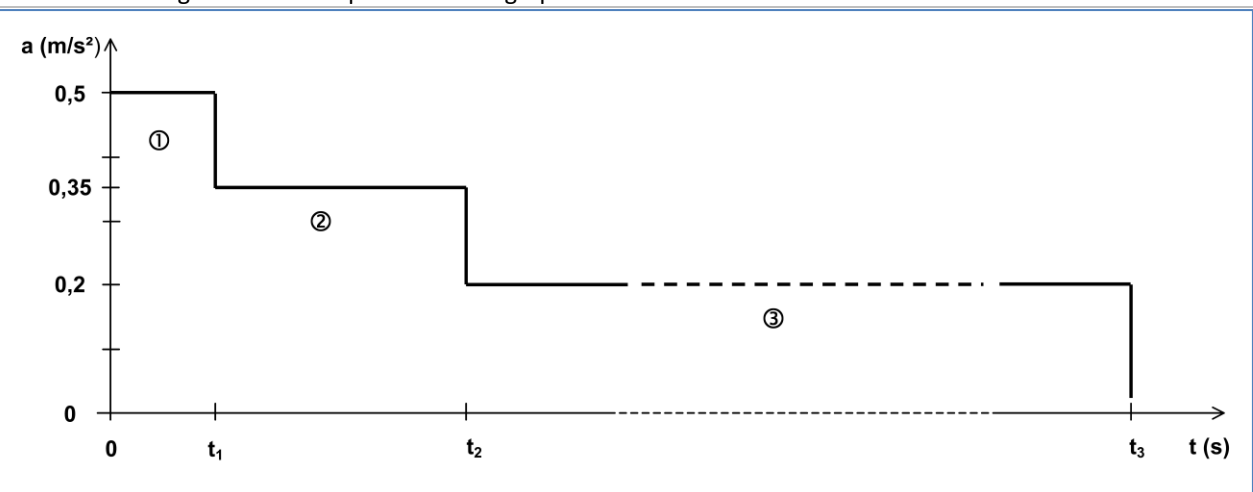
A : frottements dans les paliers et résistance au roulement et $A = 2500 \text{ N}$

B.V : frottements des roues sur les faces latérales des rails et $B = 104,4 \text{ N/m/s}$

$C.V^2$: résistance aérodynamique du train, pénétration dans l'air et $C = 5,83 \text{ N/m}^2/\text{s}^4$

Phases de démarrage de l'AGV

On admet que la sortie de gare s'effectue en 3 phases. Le mouvement retenu pour l'AGV est un mouvement de translation rectiligne caractérisé par l'allure du graphe d'accélération ci-dessous.



On précise également les vitesses atteintes aux différents instants :

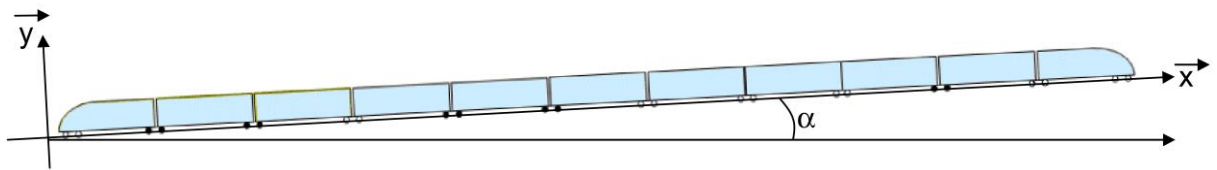
$$V_{(0)} = 0 ; V_{(t_1)} = 36 \text{ km/h} ; V_{(t_2)} = 144 \text{ km/h} ; V_{(t_3)} = 360 \text{ km/h}$$

AUTOMOTRICE GRANDE VITESSE ALSTOM

DYNAMIQUE DE L'AGV

En traction ferroviaire, l'équation fondamentale de la dynamique en projection sur l'axe de la voie appliquée à un train de masse M et d'accélération a , sur une voie inclinée d'un angle α (montée ou descente) s'écrit :

$$F_T \pm M.g.\sin \alpha - F_{rav} = M.a \quad \text{avec } F_T \text{ la force de traction (cf. illustration ci-dessous)}$$



Hypothèse : on néglige l'inertie des masses tournantes rapportées à leurs axes de rotation car elles sont très inférieures à l'inertie de la caisse.

Q1 Définir le terme " $M.g.\sin \alpha$ " ? Expliquer son influence sur le mouvement (montée, descente et plat) du train ?

En admettant que le train sorte de gare et se trouve sur une voie ferrée horizontale,

Q2 Calculer la force de traction F_{TV0} nécessaire pour **décoller** le train (à 0 km/h -utiliser la phase 1-).

Q3 Calculer la force de traction F_{TV36} nécessaire pour **accélérer** le train à 36 km/h (utiliser la phase 1).

Q4 Calculer la force de traction F_{TV360} nécessaire pour **maintenir** le train à la vitesse de 360 km/h.

Q5 Comparer les deux résultats précédents et conclure.

ETUDE DE L'ADHERENCE ROUE-RAIL

Objectif : Calculer le coefficient d'adhérence nécessaire pour assurer l'effort de traction

L'étude se fait **au démarrage**, en fin de phase 1.

L'AGV 11 alimente 5 bogies moteurs.

L'effort de traction F_T nécessaire retenu est de :

$F_T = 212200 \text{ N}$

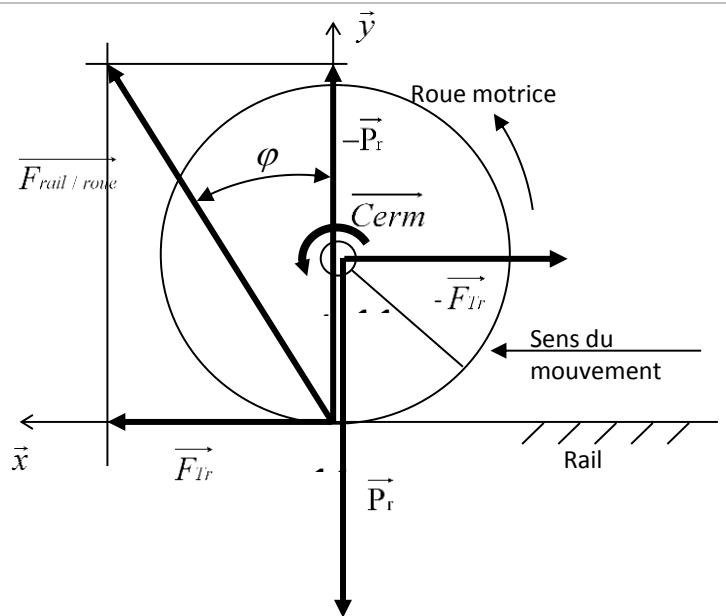
Accélération de la pesanteur retenue $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

Pour une roue motrice, on modélise ci-dessus Le contact roue motrice/rail.

Liaison essieu-bogie : pivot (B, \vec{z}),

Problème plan (\vec{x} , \vec{y}),

Poids propre de la roue négligé.



Bilan des actions mécaniques appliquées à une roue motrice :

Au point A : $\vec{F}_{rail/roue} = \vec{F}_{Tr} - \vec{P}_r$: action du rail

Au point B : C_{erm} : couple d'entraînement roue motrice

$\vec{F}_{pivot/roue} = -\vec{F}_{Tr} + \vec{P}_r$: action à travers la liaison pivot (B, \vec{z})

avec \vec{P}_r : act du poids supportée par roue (non)

F_{Tr} : effort de traction par roue motrice

Q6 Calculer le poids supporté par roue en Newtons : P_r .

Q7 Donner le nombre de roues motrices sur l'AGV 11.

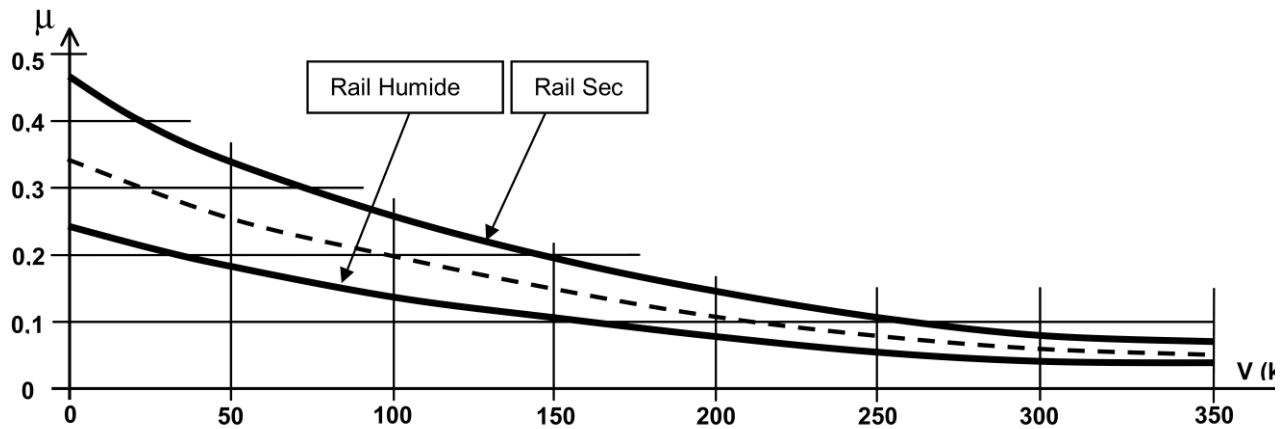
Q8 Calculer l'effort de traction par roue motrice : F_{Tr} .

Q9 Déterminer le coefficient d'adhérence roue-rail nécessaire μ (Coefficient d'adhérence pour assurer la motricité : $\mu = \tan \psi$)

Les constructeurs de matériel moteur fournissent un coefficient d'adhérence pour les conditions normales du rail (propre et sec). On considère généralement le coefficient d'adhérence maximal utilisable au démarrage du train, phase la plus difficile à réaliser.

Il apparaît cependant que l'adhérence maximum sollicitable μ diminue avec la vitesse et l'état du rail (sec ou humide). Des formulations expérimentales sont proposées pour estimer cette adhérence, on peut les caractériser par le graphe ci-dessous.

AUTOMOTRICE GRANDE VITESSE ALSTOM



Interpréter votre résultat.

Le tracé de la LGV Sud Est (Paris Lyon) ne comporte aucun tunnel, mais admet des rampes allant jusqu'à 35 pour mille en particulier dans la montée du bois Clair, entre Cluny et Macon.

Q10 Dans le cas d'un arrêt au milieu de la rampe, calculer l'effort de traction F_T nécessaire pour redémarrer dans les mêmes conditions qu'une sortie de gare (phase 1 du graphe page 2). Donner les deux valeurs FT_{V_0} et $FT_{V_{36}}$ à 0 et 36 km/h.

Q11 Déterminer le coefficient d'adhérence roue-rail nécessaire μ_{V_0} et $\mu_{V_{36}}$ dans ces deux cas.

Q12 L'AGV 11 peut-il redémarrer dans les conditions les plus défavorables ?

Q13 Quelle solution a le machiniste pour relancer l'AGV 11 ?