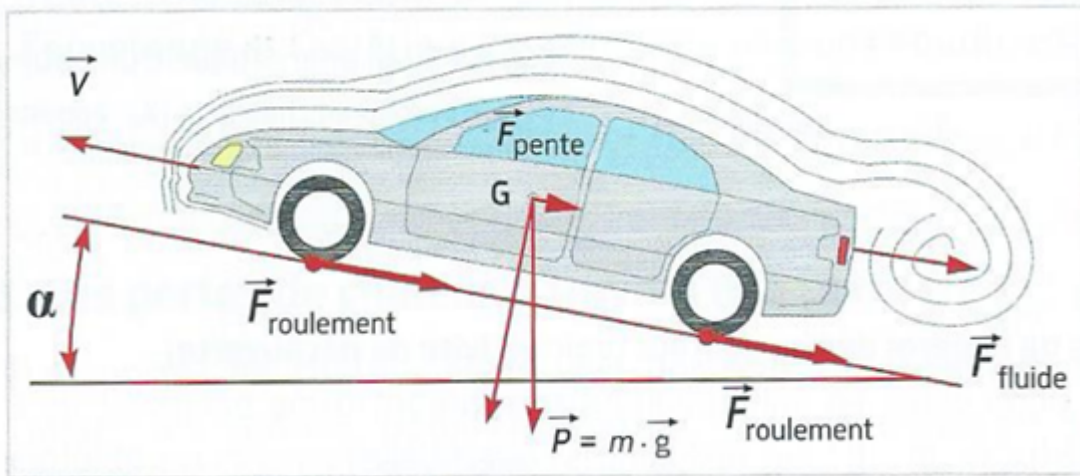


Objectifs:

- Identifier et quantifier les besoins en énergie d'un véhicule.

1/ Besoins énergétiques d'un véhicule

Un véhicule, pour se déplacer, doit lutter contre un certain nombre de forces dues aux frottements (fluide/solide, solide/solide) et aux accélérations. Pour pouvoir déterminer les besoins en puissance à fournir, il faut effectuer un bilan des forces auxquelles le véhicule est soumis (voir tableau "besoins en puissance pour un véhicule").



1.1/ Détermination des besoins en puissance pour un véhicule:

Notations	
m : masse du véhicule (kg)	α : angle de la pente ($^\circ$)
C_r : coefficient de frottement de roulement (sans unité)	C_x : coefficient aérodynamique de traînée (sans unité)
γ : accélération ($m \cdot s^{-2}$)	S_f : surface correspondant à la projection du véhicule sur un plan perpendiculaire au mouvement par rapport au fluide (m^2). On l'appelle aussi maître-couple.
g : accélération de la pesanteur ($m \cdot s^{-2}$)	
ρ : masse volumique du fluide ($kg \cdot m^{-3}$)	

Pertes par frottement solide des roues sur le sol		
Force de frottement de roulement	$F_{\text{roulement}} = C_r \cdot m \cdot g$	(N)
Puissance dissipée par frottement de roulement	$P_{\text{roulement}} = F_{\text{roulement}} \cdot v = C_r \cdot m \cdot g \cdot v$	(W)

Pertes par frottement fluide de l'air sur le véhicule		
Force de frottement aérodynamique	$F_{\text{fluide}} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \cdot C_x \cdot S_f$	(N)
Puissance dissipée par frottement aérodynamique	$P_{\text{fluide}} = F_{\text{fluide}} \cdot v = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^3 \cdot C_x \cdot S_f$	(W)

Charge liée à une pente		
Résistance liée à la pente	$F_{\text{pente}} = \sin(\alpha) \cdot m \cdot g$	(N)
Puissance dissipée par la pente	$P_{\text{pente}} = F_{\text{pente}} \cdot v = \sin(\alpha) \cdot m \cdot g \cdot v$	(W)

Charge liée à une accélération		
Force liée à une accélération constante	$F_{\text{accélération}} = m \cdot \gamma$	(N)
Puissance liée à une accélération constante	$P_{\text{accélération}} = m \cdot \gamma \cdot v$	(W)

1.2/ Cas d'une utilisation simple

Un véhicule automobile d'une masse de **1500kg** roule à une vitesse de **50 km/h** sur une surface horizontale, sans vent. On donne **Cr=;** et **Cx=0,26;** **Sf=1,8m²;** **pair=1,24 kg..**

Calculer les besoins en puissance mécanique:

Pr =

Pf =

Pméca = Pr+Pf =

1.3/ Puissance liée au frottements

Un tramway d'une masse de **65 tonnes** roule à une vitesse de **50 km/h** sur une surface horizontale. On donne **C_r=2.** et **C_x=0,28,** **S_f=8,** **ρ_{air}=1,24 kg.**

Déterminer le besoin en puissance mécanique de ce tramway dans ce cas d'utilisation.

2/ Comportement dynamique des systèmes énergétiques

EXEMPLE 4

Essai sur l'incubateur hospitalier étudié en activité de découverte

On apporte à l'enveloppe une puissance de 220 W, avec une température extérieure maintenue à 20 °C, et un débit d'air neuf à 20 °C dans l'enveloppe stabilisé à 20 m³ · h⁻¹ durant tout l'essai. La température intérieure est mesurée toutes les 30 secondes (voir fig. 8.6). On observe que la température augmente progressivement pour atteindre une valeur stabilisée de l'ordre de 37 °C au terme d'environ 6000 s de chauffe : d'abord en régime transitoire pendant lequel la température intérieure de l'incubateur varie, puis en régime permanent établi lorsque la température est stabilisée. En régime permanent établi, la puissance apportée est égale aux pertes (voir chapitre 7), on a donc :

$$P = (H_{\text{paroi}} + H_{\text{ventil}}) \cdot (T_{\text{int}} - T_{\text{ext}})$$

$$= (H_{\text{paroi}} + \rho \cdot C_{p \text{ air}} \cdot q_{v \text{ air}}) \cdot (T_{\text{int}} - T_{\text{ext}})$$

On en déduit :

$$H_{\text{paroi}} = \frac{P}{(T_{\text{int}} - T_{\text{ext}})} - \rho \cdot C_{p \text{ air}} \cdot q_{v \text{ air}}$$

$$H_{\text{paroi}} = \frac{220}{(37 - 20)} - 1,24 \times 1\,000 \times \frac{20}{3\,600}$$

$$= 6,05 \text{ W} \cdot \text{K}^{-1}$$

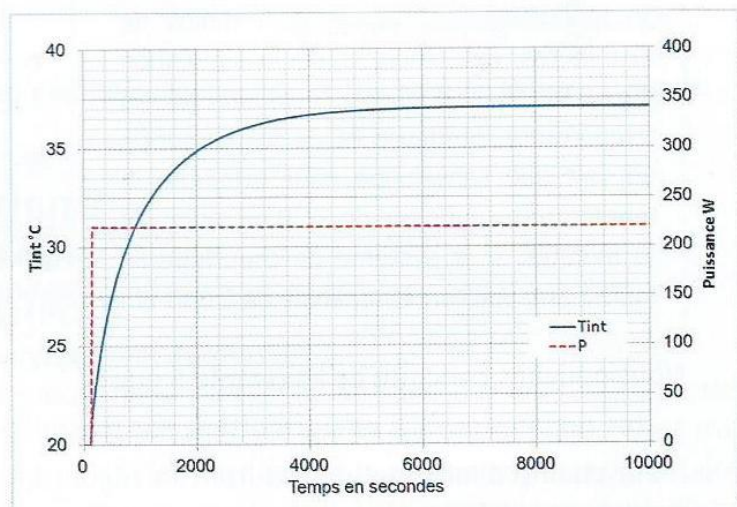


Fig. 8.6 Résultats d'un essai de caractérisation de l'enveloppe d'un incubateur.

L'essai de l'exemple 4 a permis de caractériser l'enveloppe de l'incubateur, en déterminant la valeur du coefficient H. Il a permis également de mettre en évidence que l'énergie apportée dans le régime transitoire sert à alimenter le stock d'énergie interne en augmentant la température interne de l'enveloppe.

Comme il s'agit d'une énergie d'une énergie stockée sous forme de chaleur, elle est de la forme:

$$E = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

Remarque: le comportement de l'enveloppe de l'incubateur est un comportement dynamique dit de premier ordre puisqu'il peut être modélisé par une équation différentielle du premier ordre du type:

$$\frac{d}{dt} (T_{int} - T_{ext}) = - \frac{H_{paroi} + H_{ventil}}{m \cdot C_p} \cdot (T_{int} - T_{ext}) + \frac{P}{m \cdot C_p}$$

En posant: $Y = (T_{int} - T_{ext})$, $\tau = \frac{m \cdot C_p}{H_{paroi} + H_{ventil}}$, et $A = \frac{P}{m \cdot C_p}$

On a $\frac{dY}{dt} = \frac{Y}{\tau} + A$

Ce comportement du 1er ordre est le même pour un véhicule avec un couple constant. Une simulation s'appuyant sur l'**exemple 3**, donne le résultat de la **figure 8.7**. On observe ici le régime transitoire qui correspond au stockage d'énergie sous la forme cinétique : $E_{stockée} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$

Les exemples précédents montrent que la mise en œuvre d'une puissance ou d'un couple capable de couvrir les besoins en régime permanent établi ne permet pas nécessairement de répondre aux besoins du cahier des charges, qui exige d'avoir une durée réduite du régime transitoire.

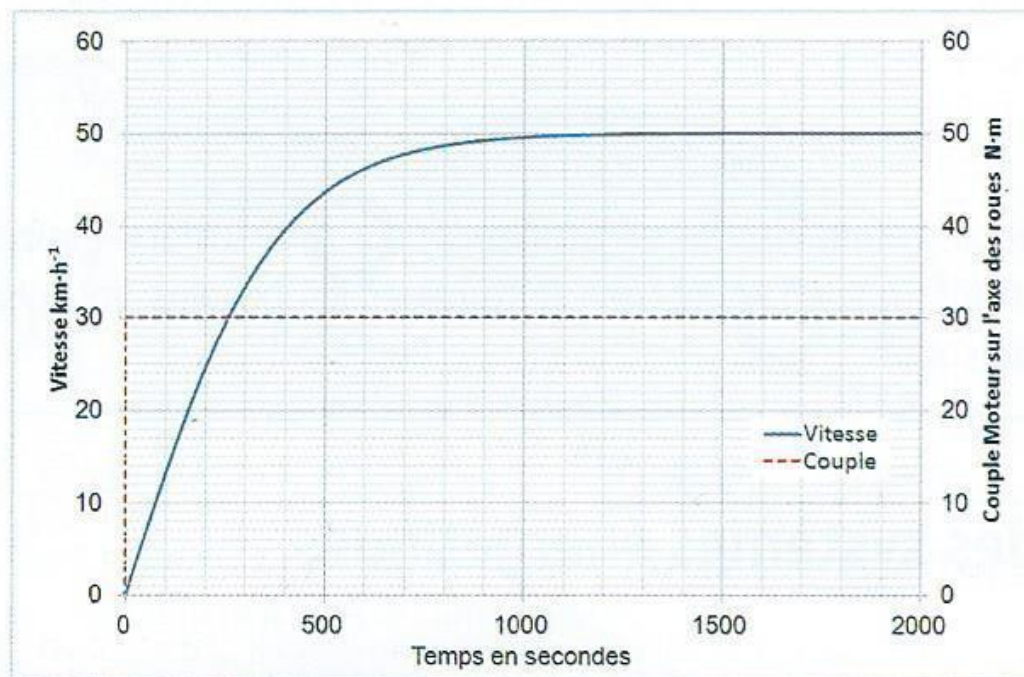


Fig. 8.7 Accélération d'un véhicule automobile à couple constant.

EXEMPLE 5

Modélisation de l'enveloppe de l'incubateur

On réalise une modélisation de l'enveloppe de l'incubateur en lui associant une puissance thermique régulée. L'objectif est de répondre au cahier des charges, qui stipule que le système doit atteindre sa température de fonctionnement nominal en moins de 10 minutes. Les résultats de la simulation (fig. 8.8) nous donnent l'évolution de la température intérieure et de la puissance. On voit que l'enveloppe peut atteindre la température souhaitée de 37 °C en moins de 10 minutes, si le système de chauffage lui fournit une puissance nominale de 2 000 W.

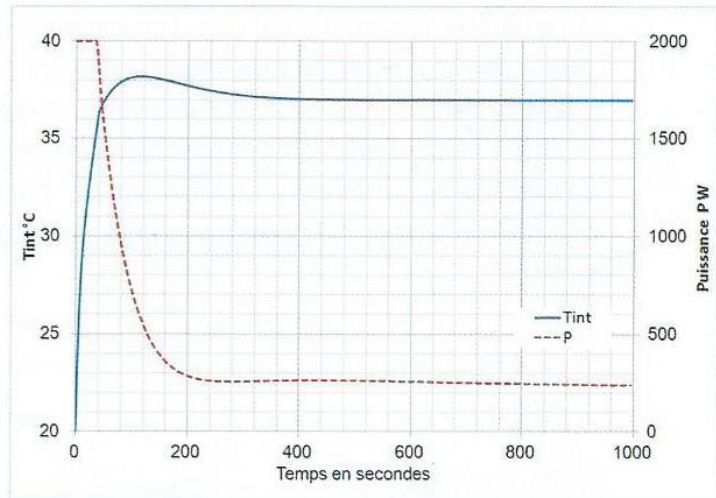


Fig. 8.8 Résultat d'une simulation de l'enveloppe de l'incubateur associée à une régulation de puissance.

Nous pouvons conclure de l'exemple 5 que :

- les régimes établis ne permettent pas toujours de dimensionner la chaîne de puissance;
- La chaîne d'information assurant la régulation joue un rôle primordial dans la gestion de la puissance, de manière à l'adapter aux besoins.