L'abaissement de la vitesse de 90km/h à 80 km/h est une mesure législative entrée en vigueur le 1er juillet 2018. La figure 9, extraite de https://www.securite-routiere.gouv.fr, présente les avantages de cette mesure censés la justifier.

Figure 1 : changement de panneaux

Dans cette activité, on se propose de **vérifier la véracité de certains points avancés par les autorités**, à savoir :

→ Les gains en rejet de CO2,

→ Les pertes de temps.

Ces gains et pertes sont associés à une moindre vitesse, celle consistant à rouler à 80 plutôt que 90 km/h.

PARTIE A

Les avantages annoncés de la mesure

Q1 – Extraire de la figure 9 les **quatre impacts avancés** concernant la limitation à 80 km/h et souligner les deux qui vont être développés dans cette activité.

Données et hypothèses pour l'étude à mener

→ La route est considérée en ligne droite, horizontale selon l'axe $\vec{z}$.

→ La résistance de l'air sera considérée.

→ Le problème est plan.

→ Les liaisons « roue/sol » en A et B sont assimilées à des ponctuelles.

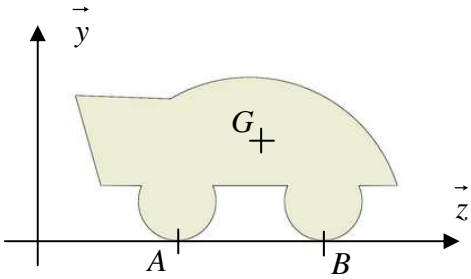

Figure 2 : modèle

Caractéristiques de la voiture :

→ Surface maître-couple : $S = 2{,}2\ m^2$

→ Coefficient de pénétration dans l'air : $C_x = 0{,}35$

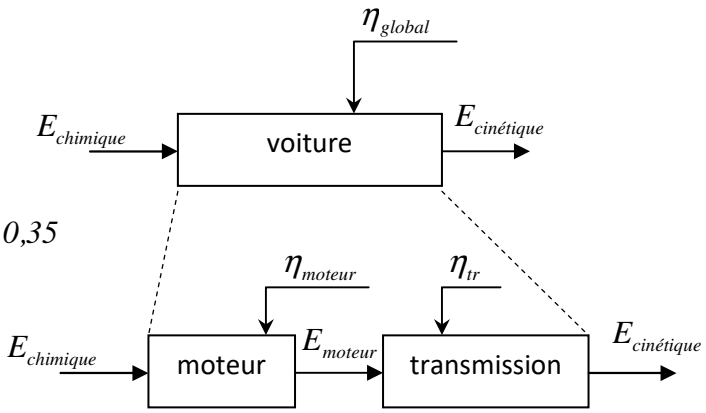

Figure 3 : schéma-bloc

PARTIE B

Appropriation du modèle

Q2 – D'après les hypothèses, le problème est plan. Selon la figure 2, le plan de l'étude est :

☐ $(\vec{x}, \vec{y})$ ☐ $(\vec{y}, \vec{z})$ ☐ $(\vec{x}, \vec{z})$

Q3 – Placer **<u>en rouge</u>** sur la figure 1 :

- Le vecteur-force $\vec{P}$ correspondant au poids propre de la voiture,
- Les actions du sol sur la voiture en A et B : $\vec{A}$ et $\vec{B}$,
- La force motrice $\vec{F}$,
- La résistance de l'air $\vec{R}$,

PARTIE C

Recherche du gain d'énergie entre deux vitesses données

Soit v_1 et v_2 deux vitesses constantes de la voiture telles que $v_1 > v_2$.

Soit L la longueur d'un trajet type.

Soit R_1 et R_2 les résistances de l'air correspondant aux deux vitesses v_1 et v_2.

Le régime d'écoulement de l'air sur la voiture est supposé turbulent.

Q4 – Donner l'expression analytique de R_1 en fonction de ρ_{air}, C_x, S et v_1.

$R_1 =$

Q5 – En déduire les composantes de $\overrightarrow{R_1}$:

$\overrightarrow{R_1}$ | _____
_____
_____

Q6 – Donner l'expression analytique de R_2 en fonction de ρ_{air}, C_x, S et v_2.

$R_2 =$

Q7 – En déduire les composantes de $\overrightarrow{R_2}$:

$\overrightarrow{R_2}$ | _____
_____
_____

Q8 – Compte tenu du déplacement de la voiture, exprimer $\vec{L}$:

$\vec{L}$ | _____
_____
_____

Q9 – Exprimer analytiquement les travaux W_1 et W_2 des forces $\overrightarrow{R_1}$ et $\overrightarrow{R_2}$ sur le trajet $\vec{L}$.

$W_1 =$ _____

$W_2 =$ _____

Q10 – Exprimer en % le gain $g(v_1, v_2) = 100 \times \left(1 - \frac{W_2}{W_1}\right)$.

_____

_____

Q11 – Montrer que le gain g en fonction de l'écart de vitesse l'écart de vitesse $\Delta v = v_1 - v_2$ est donné par la relation : $g(\Delta v) = 1 - \left(\frac{v_1 - \Delta v}{v_1}\right)^2$.

_____

_____

_____

_____

Q12 – A l'aide de votre calculatrice, tracer sur un même graphique les courbes $g(\Delta v)$ pour les vitesses de référence suivantes : $v_1 = 50\ km \cdot h^{-1}$, $v_2 = 90\ km \cdot h^{-1}$, $v_3 = 110\ km \cdot h^{-1}$, $v_4 = 130\ km \cdot h^{-1}$ et $v_5 = 150\ km \cdot h^{-1}$.

Q13 – Identifier sur les figures 4 et 5 les vitesses de référence (une courbe = une vitesse de référence).

Q14 – A l'aide de la figure 4, déterminer pour chacune des vitesses de référence les abaissements de vitesse Δv et les vitesses finales v_2 permettant d'obtenir un gain $g(\Delta v) = 30\ \%$.

Abaissement de vitesse pour $g(\Delta v) = 30\ \%$		
Vitesse de référence v_1 $(km \cdot h^{-1})$	Abaissement de vitesse Δv $(km \cdot h^{-1})$	Vitesse finale v_2 $(km \cdot h^{-1})$
50		
90		
110		
130		
150		

Q15 – A partir du graphique fourni figure 5, donner les gains de consommation obtenus pour une baisse de vitesse $\Delta v = 10\ km \cdot h^{-1}$ sur chacune des vitesses de référence.

Gain de consommation obtenu pour un abaissement de vitesse $\Delta v = 10\ km \cdot h^{-1}$			
Vitesse de référence v_1 $(km \cdot h^{-1})$	Abaissement de vitesse Δv $(km \cdot h^{-1})$	Vitesse finale v_2 $(km \cdot h^{-1})$	Gain $g(\Delta v)$ $(\%)$
50	10		
90			
110			
130			
150			

Q16 – Conclure sur ce qu'annonce la figure 9 concernant le gain d'énergie et donc de polluants rejetés (en particulier le CO_2) quand on roule à 80 km/h plutôt qu'à 90 km/h.

PARTIE D

Recherche de la perte de temps entre deux vitesses données

On le voit, rouler moins vite permet un gain d'énergie. Mais rouler moins vite implique un temps de trajet plus long ! C'est ce que nous allons voir ici…

Soit v_1 et v_2 les deux vitesses constantes de la voiture telles que $v_1 > v_2$.

Soit $\Delta v = v_1 - v_2$ l'écart de vitesse.

Soit t_1 et t_2 les durées nécessaires pour parcourir un trajet donné L aux deux vitesses v_1 et v_2.

Soit $\Delta t = t_2 - t_1$ l'écart de durée des trajets aux deux vitesses v_2 et v_1.

Soit $p = \dfrac{\Delta t}{t_1}$ la perte de temps rapportée au temps de référence t_1.

Q17 – Exprimer t_1 en fonction de L et v_1 et t_2 en fonction de L et v_2.

Q18 – Exprimer la perte de temps Δt en fonction de v_1 et v_2.

Q19 – Exprimer la perte de temps Δt en fonction de v_1 et Δv.

Q20 – Montrer que la perte de temps p est donnée par la relation : $p = \dfrac{\Delta v}{v_1 - \Delta v}$.

Q21 – A l'aide de la calculatrice, tracer sur un même graphique les courbes $p(\Delta v)$ pour les vitesses de référence suivantes : $v_1 = 50\ km \cdot h^{-1}$, $v_2 = 90\ km \cdot h^{-1}$, $v_3 = 110\ km \cdot h^{-1}$, $v_4 = 130\ km \cdot h^{-1}$ et $v_5 = 150\ km \cdot h^{-1}$.

Q22 – Identifier sur les figures 6, 7 et 8 les vitesses de référence (une courbe = une vitesse de référence).

Q23 – A partir du graphique figure 8 ou de la formule $p(\Delta v)$, donner en % les pertes de temps obtenues pour une baisse de vitesse $\Delta v = 10\ km \cdot h^{-1}$ sur chacune des vitesses de référence.

Perte de temps obtenue pour un abaissement de vitesse $\Delta v = 10\ km \cdot h^{-1}$			
Vitesse de référence v_1 $(km \cdot h^{-1})$	Abaissement de vitesse Δv $(km \cdot h^{-1})$	Vitesse finale v_2 $(km \cdot h^{-1})$	Perte $p(\Delta v)$ $(\%)$
50	10		
90			
110			
130			
150			

Q24 – A partir des valeurs données pour les **<u>trois trajets de référence</u>** de la figure 9, calculer en % les pertes de temps avancées.

Q25 – Conclure sur ce qu'annonce la figure 9 concernant l'allongement des temps de trajet quand on roule à 80 km/h plutôt qu'à 90 km/h.

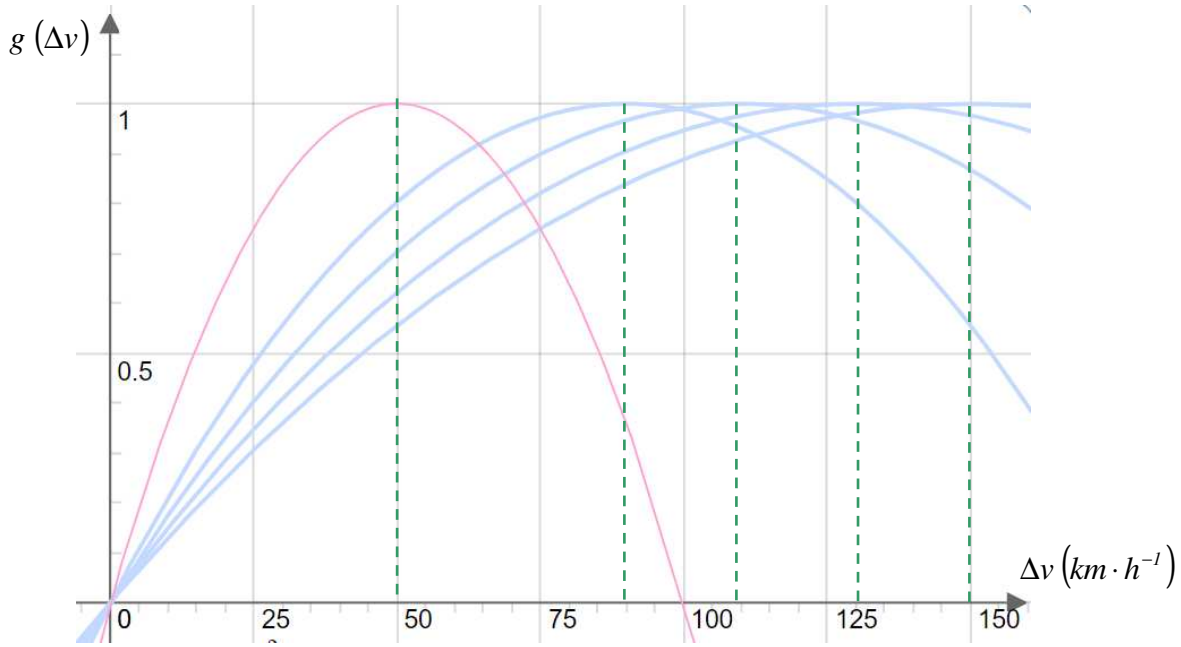

Figure 4 : courbes de $g(\Delta v)$ pour différentes vitesses de référence (50, 90, 110, 130 et 150 km.h^{-1})

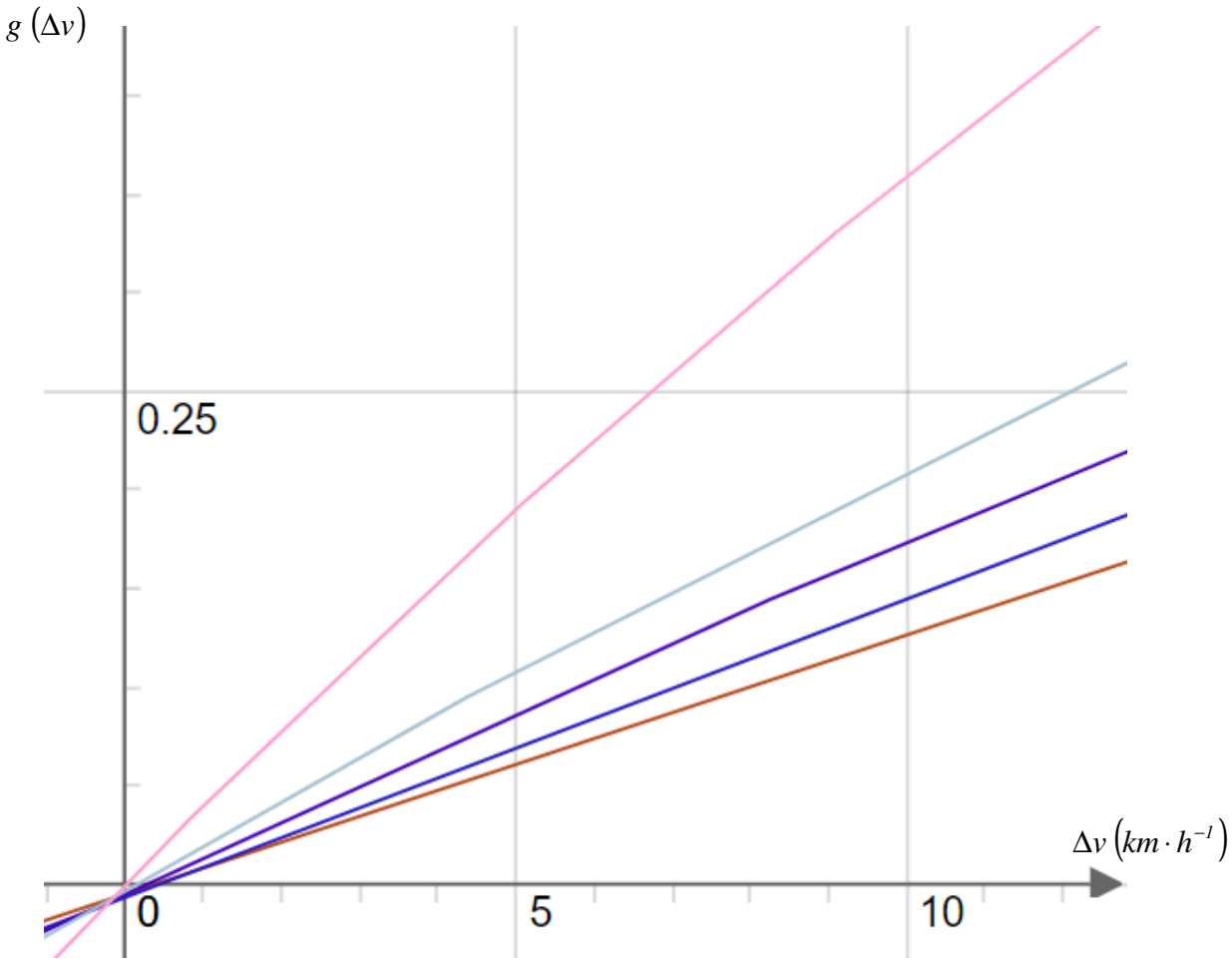

Figure 5 : zoom des courbes de la figure 4 pour $0 \leq \Delta v \leq 10$

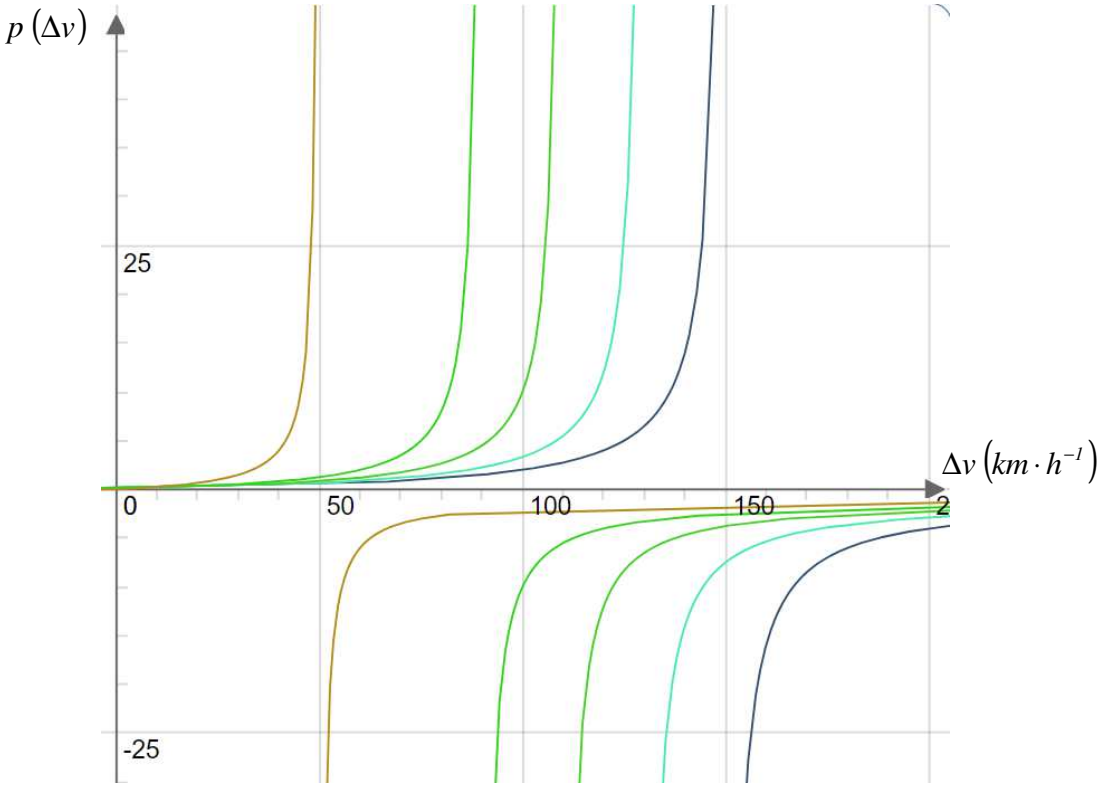

Figure 6 : courbes de $p(\Delta v)$ pour différentes vitesses de référence (50, 90, 110, 130 et 150 km.h^{-1})

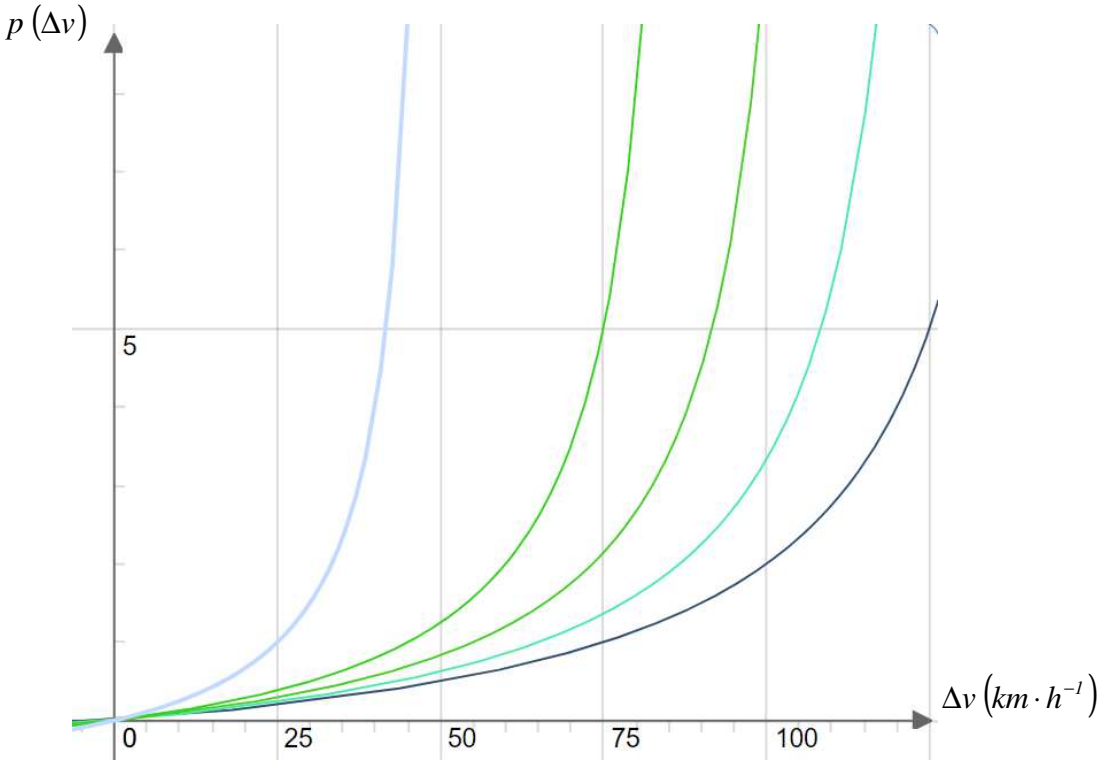

Figure 7 : zoom des courbes de la figure 6 pour $0 \leq \Delta v \leq 200$

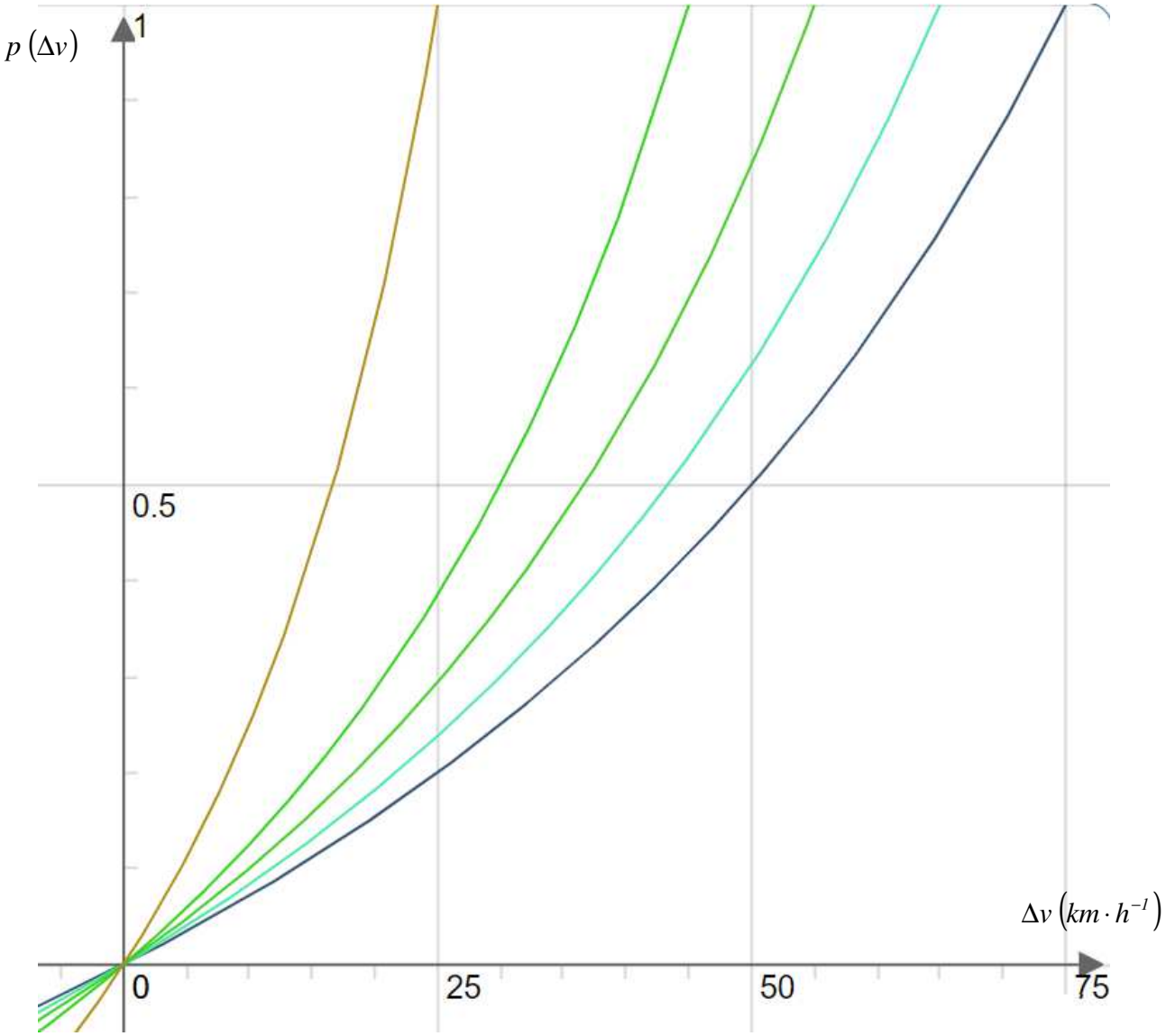

Figure 8 : zoom des courbes de la figure 6 pour $0 \leq \Delta v \leq 75$

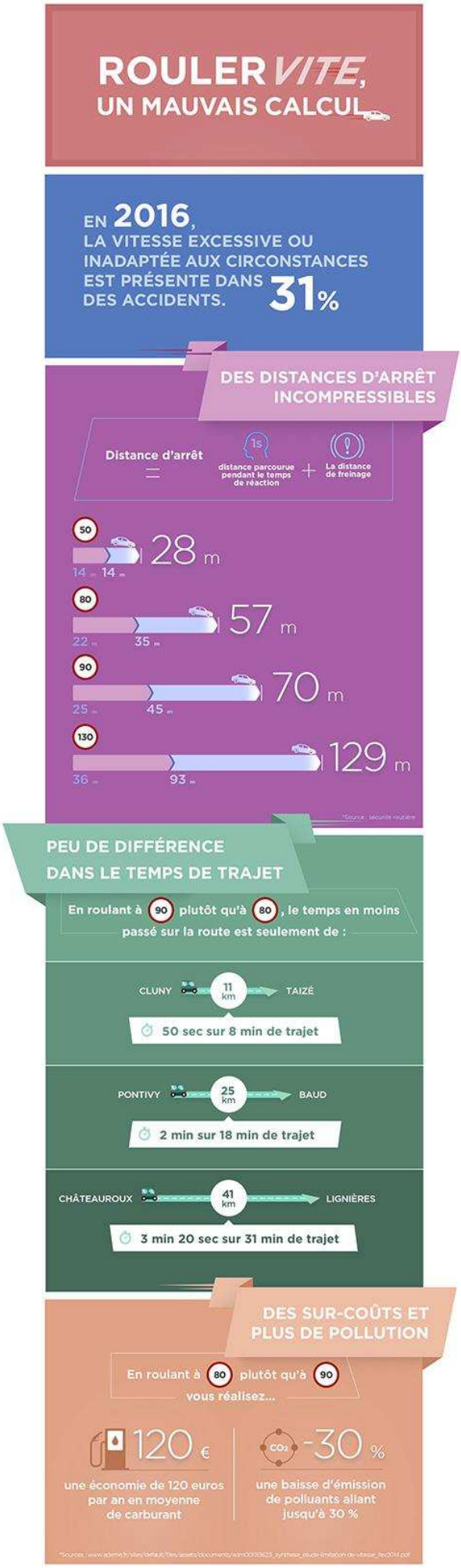

Figure 9 : chiffres clés de la mesure d'abaissement de la vitesse selon le gouvernement

Liens utiles :

→ Postes d'émission de GES, France :
https://www.carbone4.com/myco2-empreinte-moyenne-evolution-methodo

→ Emission de CO2, moteur diesel :
https://ecoscore.be/fr/info/ecoscore/co2?path=info%2Fecoscore%2Fco2#:~:text=1%20litre%20de%20diesel%20p%C3%A8se,2%20par%20litre%20de%20diesel

→ SNBC :
https://www.ecologie.gouv.fr/strategie-nationale-bas-carbone-snbc

→ Incidences de l'abaissement de vitesse :
https://www.securite-routiere.gouv.fr/dangers-de-la-route/la-vitesse-et-la-conduite/abaissement-de-la-vitesse-maximale-autorisee-de-90-80

→ Mode de déplacement principal pour se rendre au travail selon la distance :
https://www.insee.fr/fr/statistiques/5013868#tableau-figure1

→ Etude intéressante :
http://weber.fi.eu.org/consommation/