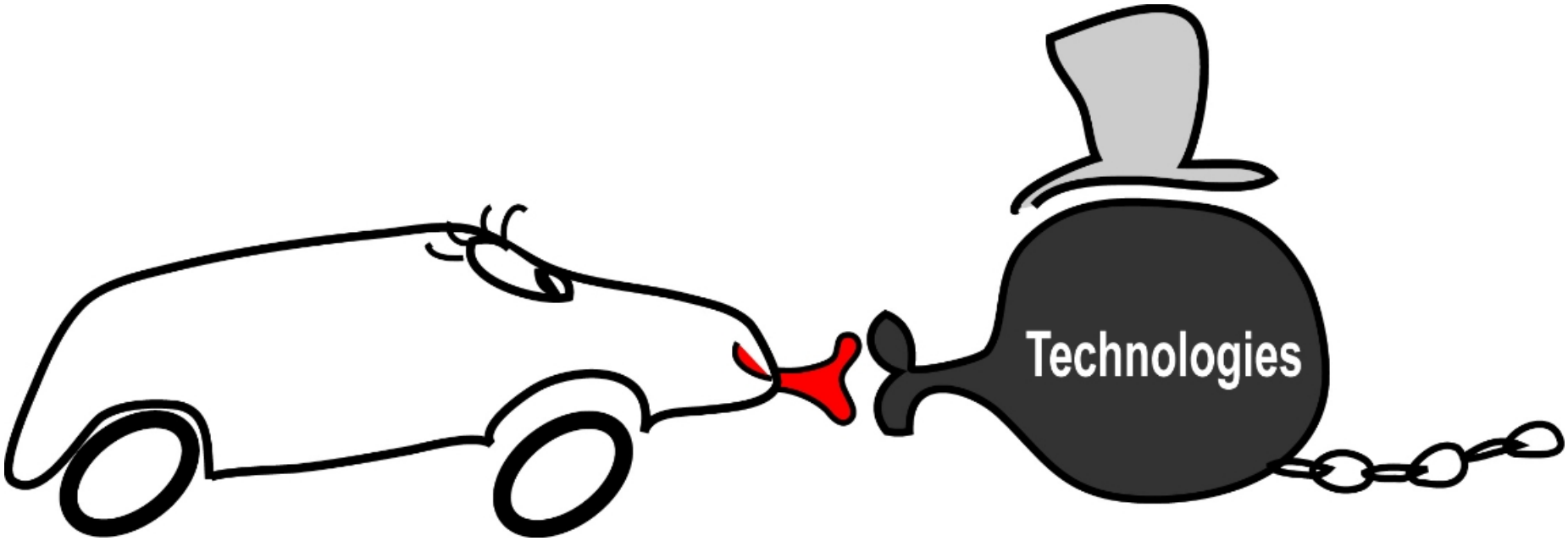
Le « poids » de la technologie

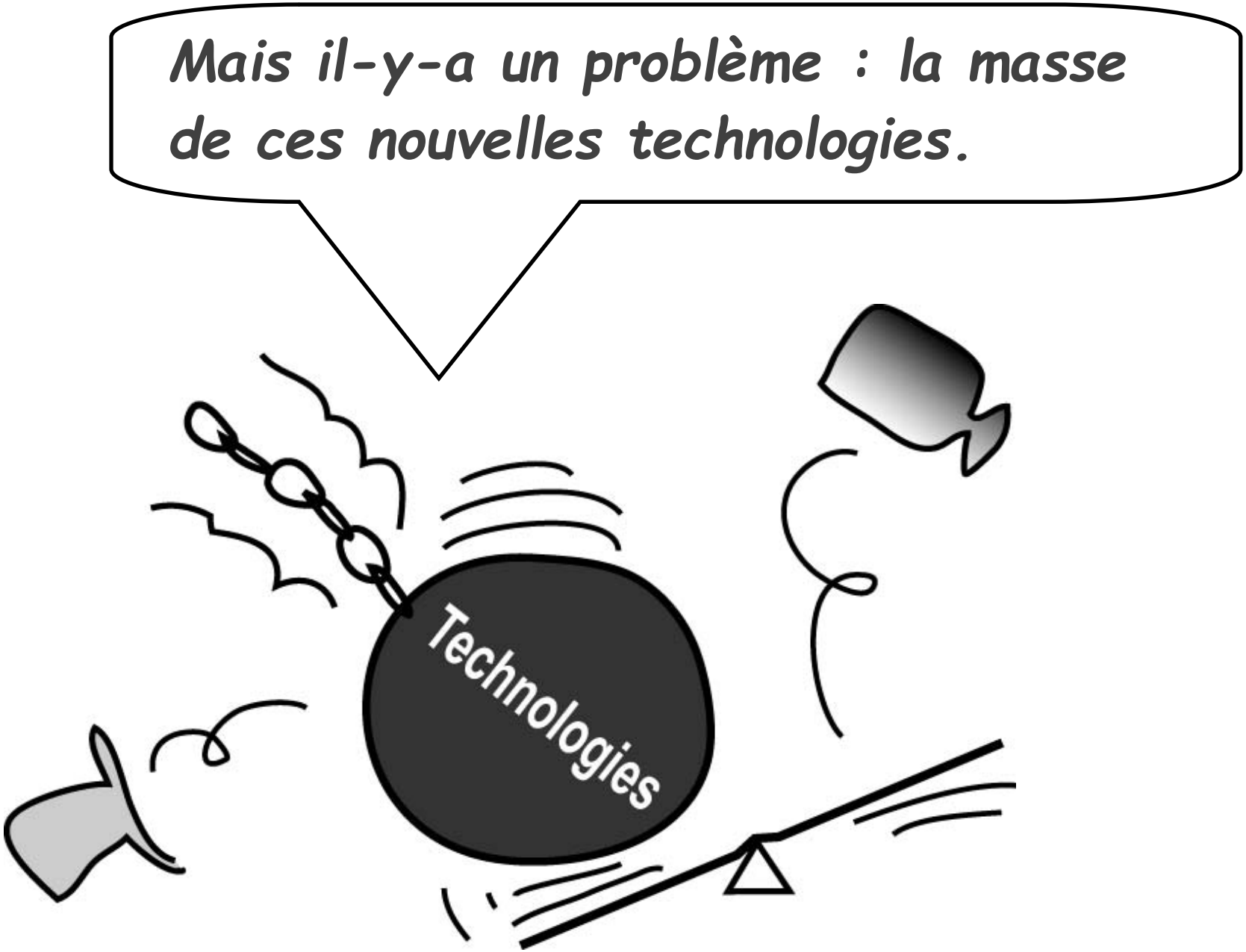
www.HKW-aero.fr

© Michel Kieffer 2010-2017 Indice G1 le 25.8.2017

Aujourd'hui, nos constructeurs automobiles ont pour objectif de réduire les consommations d'énergies, quelles qu'elles soient, de leurs véhicules. Et ce, à l'aide de nouvelles technologies.

Le « mariage » de nos véhicules avec les nouvelles technologies semble un choix de raison…

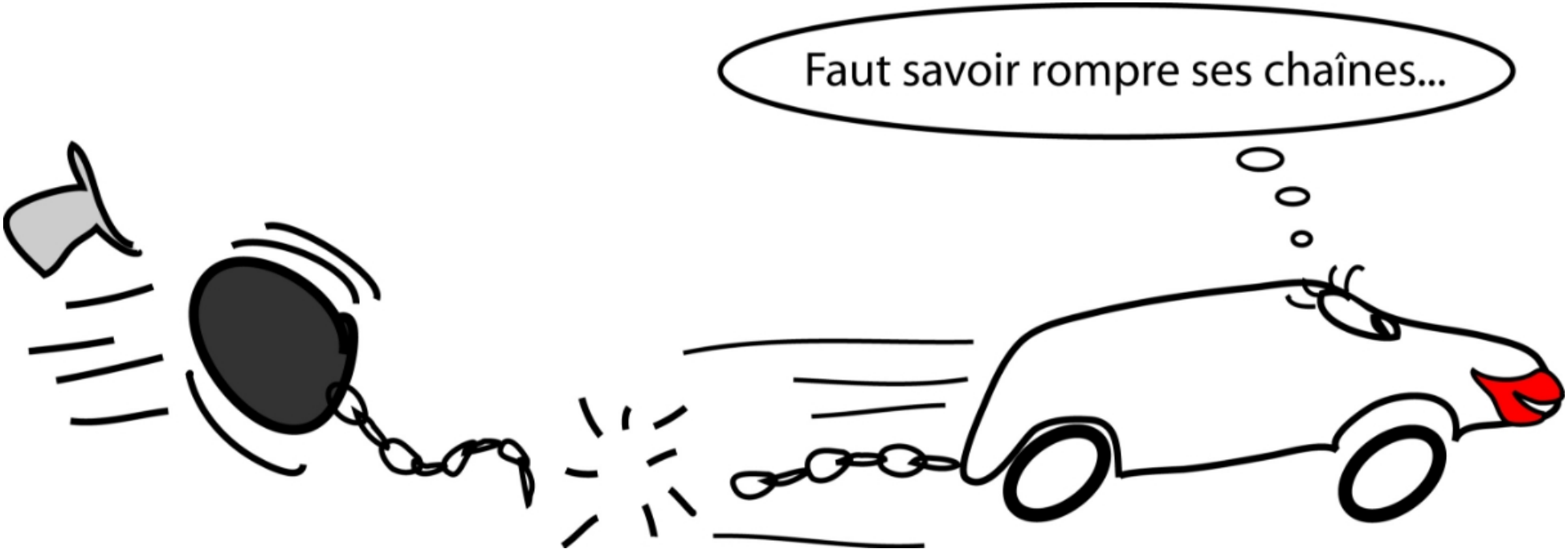



Mais il-y-a un problème : la masse de ces nouvelles technologies.
Technologies

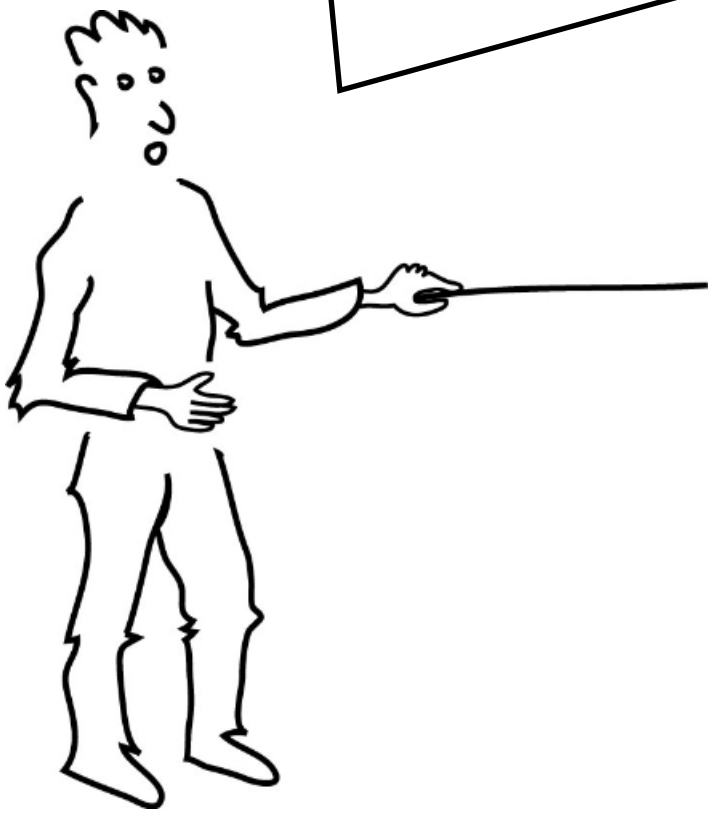
Nous avons vu, dans plusieurs autres exposés, qu'une masse donnée entraine une dépense d'énergie pour vaincre la traînée de roulement et pour accélérer cette masse.

Ceci conduit à dire qu'une technologie permettant une économie élevée peut, si cette solution est lourde, déboucher sur une augmentation globale de la consommation du véhicule.

A l'inverse, une technologie plus gourmande en énergie, mais qui conduit à un allègement sensible du véhicule, peut entraîner une diminution de la consommation du véhicule.

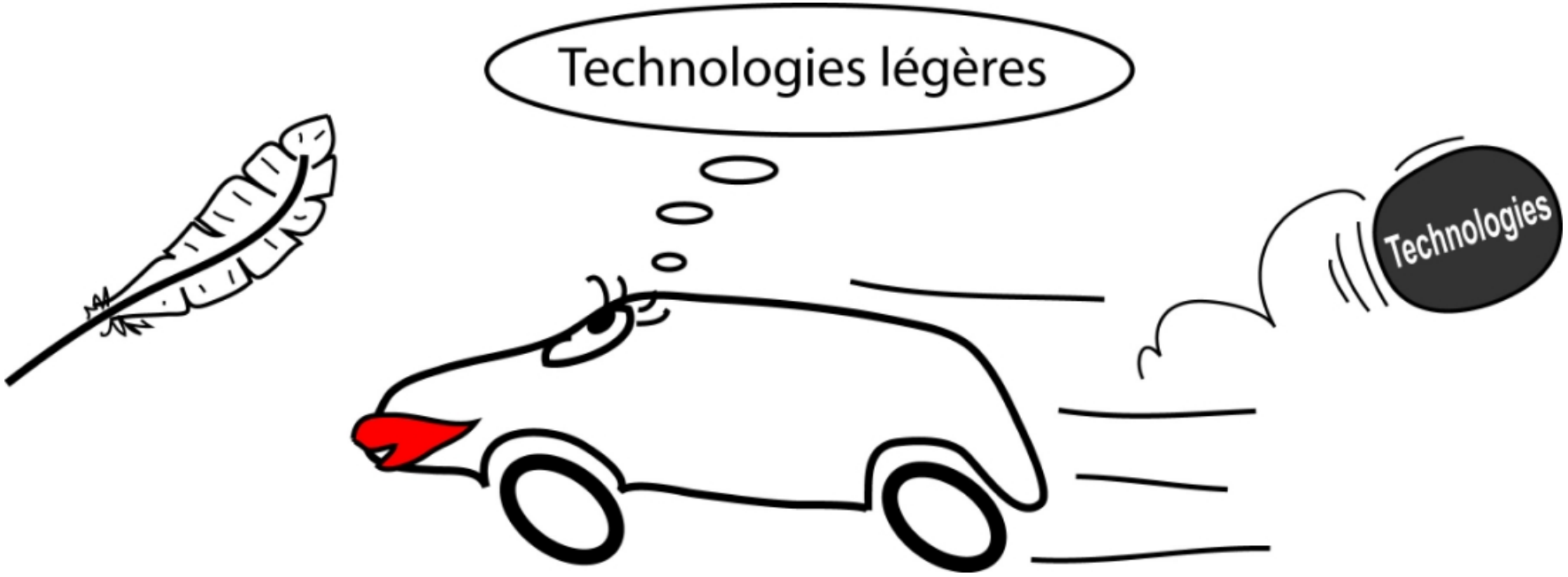


Ce constat est amplifié par le « coefficient spirale ». Ce coefficient traduisant l'impact d'une masse, rajoutée ou enlevée, sur la masse globale du véhicule.



* Voir ***« coefficient spirale »***

L'objectif est ici de modéliser l'interaction entre l'économie apportée et l'énergie nécessaire au déplacement de la « technologie », et ce, en vue de ne pas se tromper…



L'énergie consommée (Eco) est supérieure à l'énergie utile au déplacement (Eu), ceci pour cause de rendement du véhicule (rv)*.

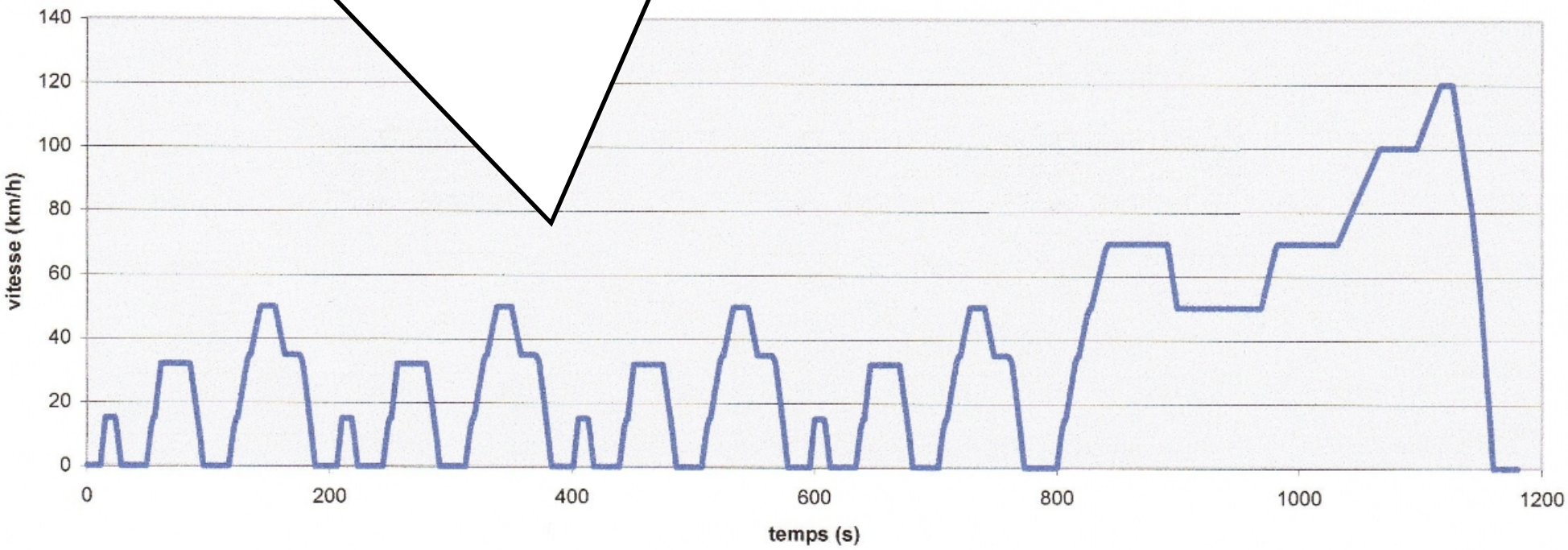
$Eco_1 = Eu_1 / r_1$

$Eco_2 = Eu_2 / r_2$

Si $Ec_1 = Ec_2$, alors $Eu_1 / r_1 = Eu_2 / r_2$

∗ Voir ***« rendement d'une voiture »***

L'énergie utile (Eu) est fonction du cycle de conduite retenu. Nous prendrons ci-après pour référence le cycle Européen NEDC* (= MVEG).



∗ Cf. document ***« données de calculs »***. Autres cycles utilisables : **WLTC**. Toutefois, le résultat final sera proche quel que soit le cycle retenu.

L'énergie utile (Eu) se détermine comme suit :

Eum (énergie utile montées), le cycle Européen page suivante ne comprend pas de montées, donc ce terme = 0

Eua (énergie utile aérodynamique), dépend de :
S = surface frontale (m2)
Cx = coef efficacité aérodynamique

(1) Eu = Eua + Eur + Eug + Eum

Eur (énergie utile roulement), dépend de :
Cr = coef résistance au roulement
m = masse (kg)

Eug (énergie utile accélérations), dépend de : m = masse (kg)
Eug = énergie cinétique (Ec)

Eu sur le cycle Européen NEDC* (ou MVEG) en MJ au cent :

$$\textbf{(1bis) } Eu_{\text{(MJ au cent)}} = S.Cx.25{,}8 + Cr.m.1{,}06 + (m.0{,}011 - Ecr^*)$$

$$\textbf{Avec } Ecr = S.Cx.6{,}6 + Cr.m.0{,}24$$

* Ecr = énergie cinétique récupérée lors des ralentissement.

A noter que cette expression d'Eu prend en compte l'énergie cinétique récupérée lors des ralentissement. Ceci sans aucun dispositif particulier (cf. « énergie utile au déplacement d'un voiture »).

Déterminons Eu d'un véhicule :

Eu (MJ au cent) = S.Cx.25,8 + Cr.m.1,06 + (m.0,011 – Ecr)

Avec Ecr = S.Cx.6,6 + Cr.m.0,24

(2) Eu (MJ au cent) = S.Cx.19,2 + m.(Cr.0,82 + 0,011)

Eu_1 (MJ au cent) = A + m . B

Eu_1 = énergie utile au déplacement du véhicule 1
m_1 = masse véhicule 1
S = surface projetée frontale (m²)
Cx = coefficient de trainée aérodynamique
Cr = coefficient de trainée de roulement

Expression Eu du véhicule référence dit « véhicule 1 » :

(2_1) Eu_1 (MJ au cent) = A + m_1 . B

Eu_1 = énergie utile au déplacement du véhicule 1
m_1 = masse véhicule 1
A = SCx.19,2 ; S = surface projetée frontale (m²) ; Cx = coefficient de trainée aérodynamique
B = Cr.0,82 + 0,011 ; Cr = coefficient de trainée de roulement

Déterminons Eu d'un véhicule doté d'une technologie permettant d'économiser du carburant. Ce véhicule est dit « véhicule 2 » :

(2₂) Eu_2 (MJ au cent) = A + m_2 . B

Avec $m_2 = m_1 + (\Delta m_{technologie} + \Delta m_{carburant})$. Cs

Eu_2 = énergie utile au déplacement du véhicule 2.
m_2 = masse véhicule 2.
$\Delta m_{technologie}$ = différence de masse, en plus ou en moins, liée à la technologie choisie.
$\Delta m_{carburant}$ = différence de masse, en plus ou en moins, liée au carburant embarqué.
Cs = coefficient spirale.

Hypothèse simplificatrice :

$\Delta m_{technologie} >> \Delta m_{carburant}$, d'où nous négligerons $\Delta m_{carburant}$

Dans ce contexte :

$(2_2') \; Eu_2 = A + (m_1 + \Delta m_{technologie} \, . \, Cs) \, . \, B$

Exprimons le rendement du véhicule 2 (r_2) en fonction de $\Delta m_{technologie}$ ...

Sachant que Eco = Eu/r et si **$Eco_1 = Eco_2$**, alors $Eu_1/r_1 = Eu_2/r_2$

En reprenant (2_1) et (2_2') :

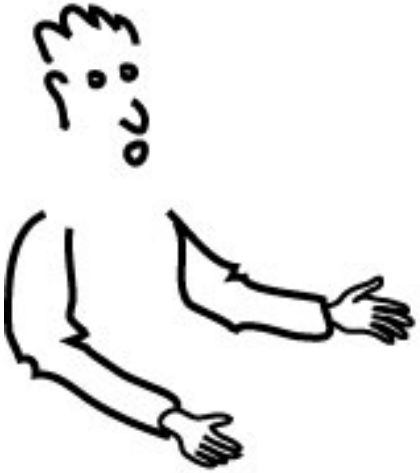
$[A + m_1 . B] / r_1 = [A + (m_1 + \Delta m_{technologie} . Cs) . B] / r_2$

$$(3) \quad r_2 = r_1 . \frac{[A + (m_1 + \Delta m_{technologie} . Cs) . B]}{[A + m_1 . B]}$$

Avec A = S.Cx.19,2 et B = Cr.0,82 + 0,011

Eco = énergie consommée
r = rendement véhicule

Application : reprenons notre véhicule référence (le véhicule 1) représentatif des voitures actuelles : une « compacte diesel ».



Donnée propres au véhicule 1 :

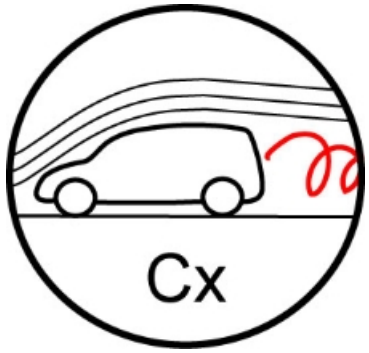
S = surface projetée frontale = 2,2 m²

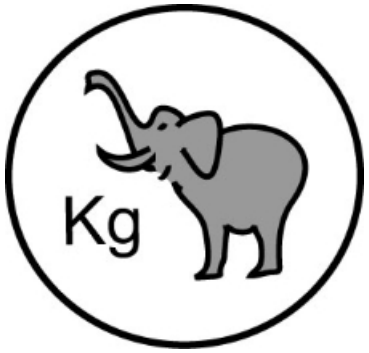
Cx = coefficient d'efficacité aérodynamique = 0,32

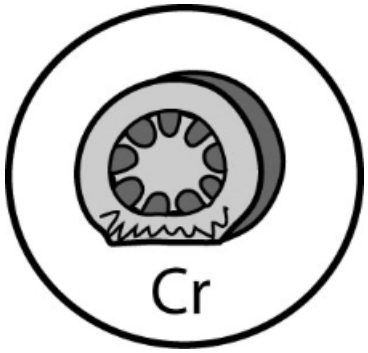
m1 = masse de référence* = masse à vide 1390 kg (plein à 90% compris) + 100 kg de charge = 1490 kg

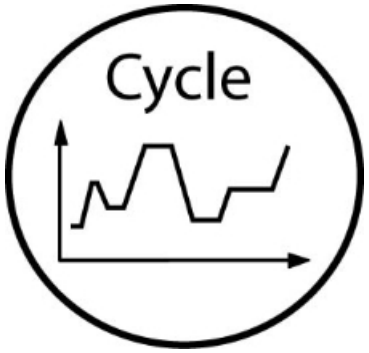
Cr = coefficient de résistance au roulement = 0,012

r_1 = 0,191







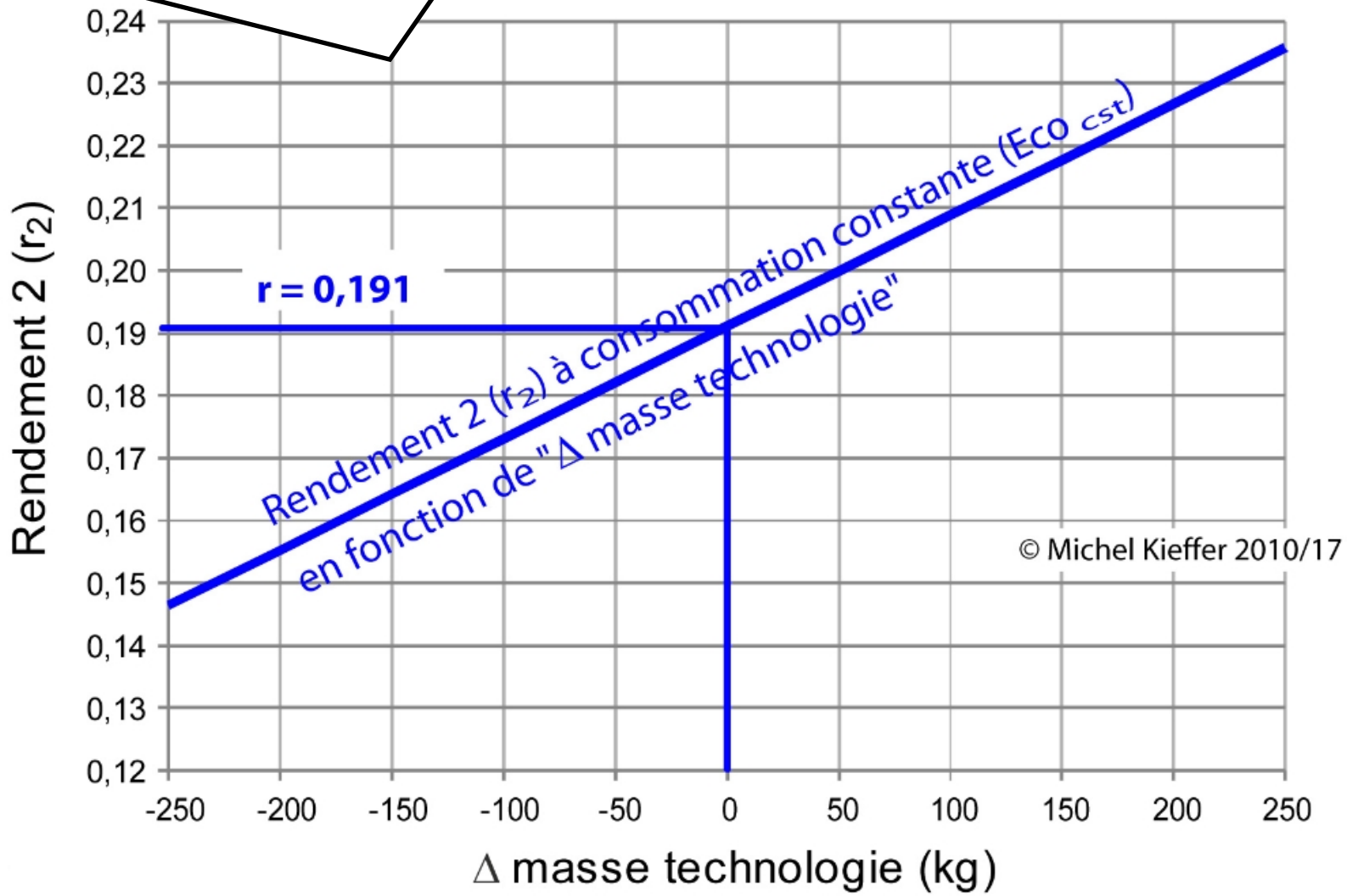


Voir ***« rendement »*** et ***« données de calculs »***.

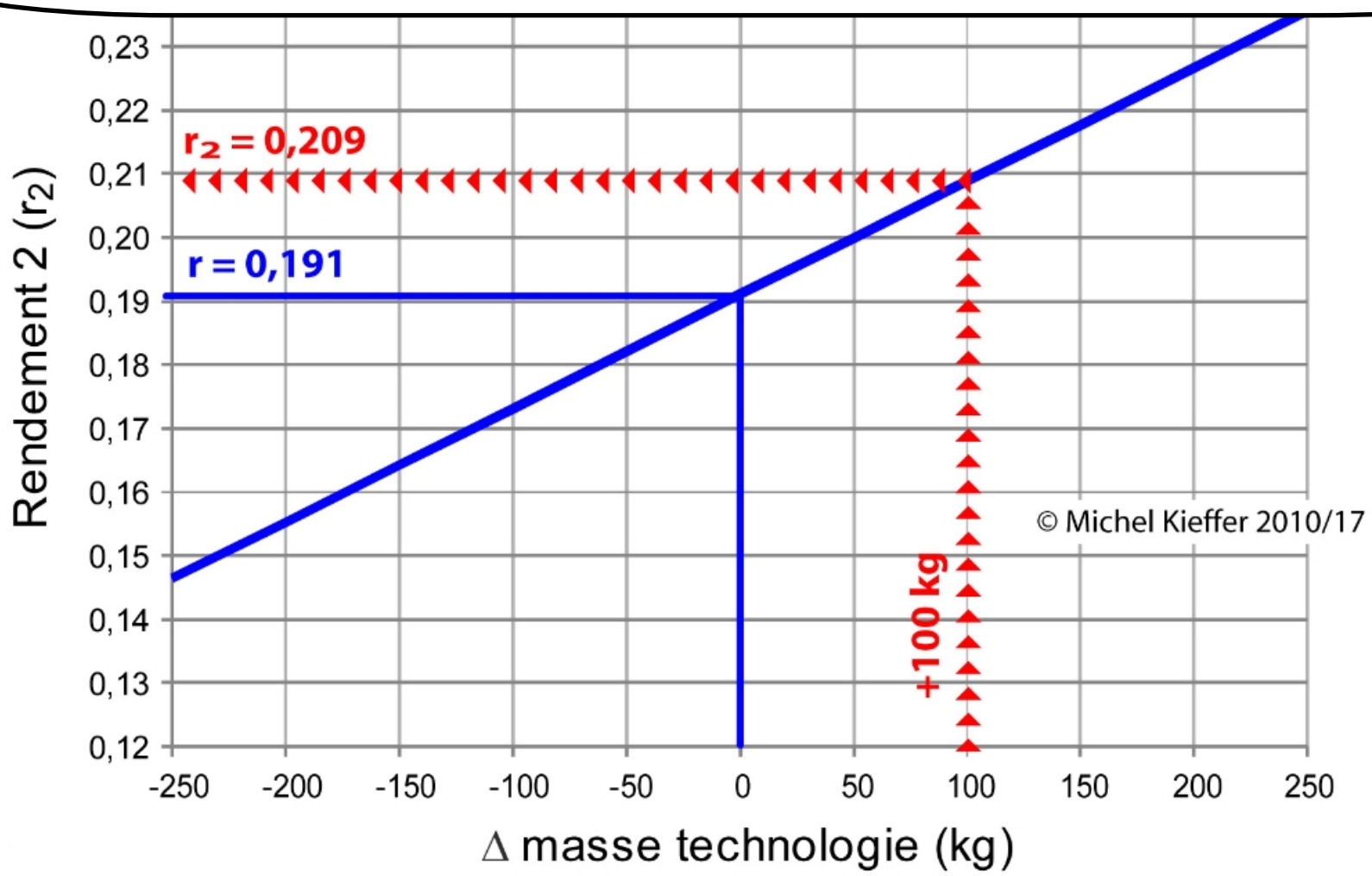
Donnée propre au véhicule 2 :
$\Delta m_{technologie}$, il s'agit du paramètre que nous allons faire varier.

Reste le coefficient spirale Cs = 2,0. Le véhicule est supposé optimisé et « à cahier des charges constant », notamment la charge utile. C'est à dire qu'il faut multiplier $\Delta m_{technologie}$ par le Cs. Et nous obtenons…

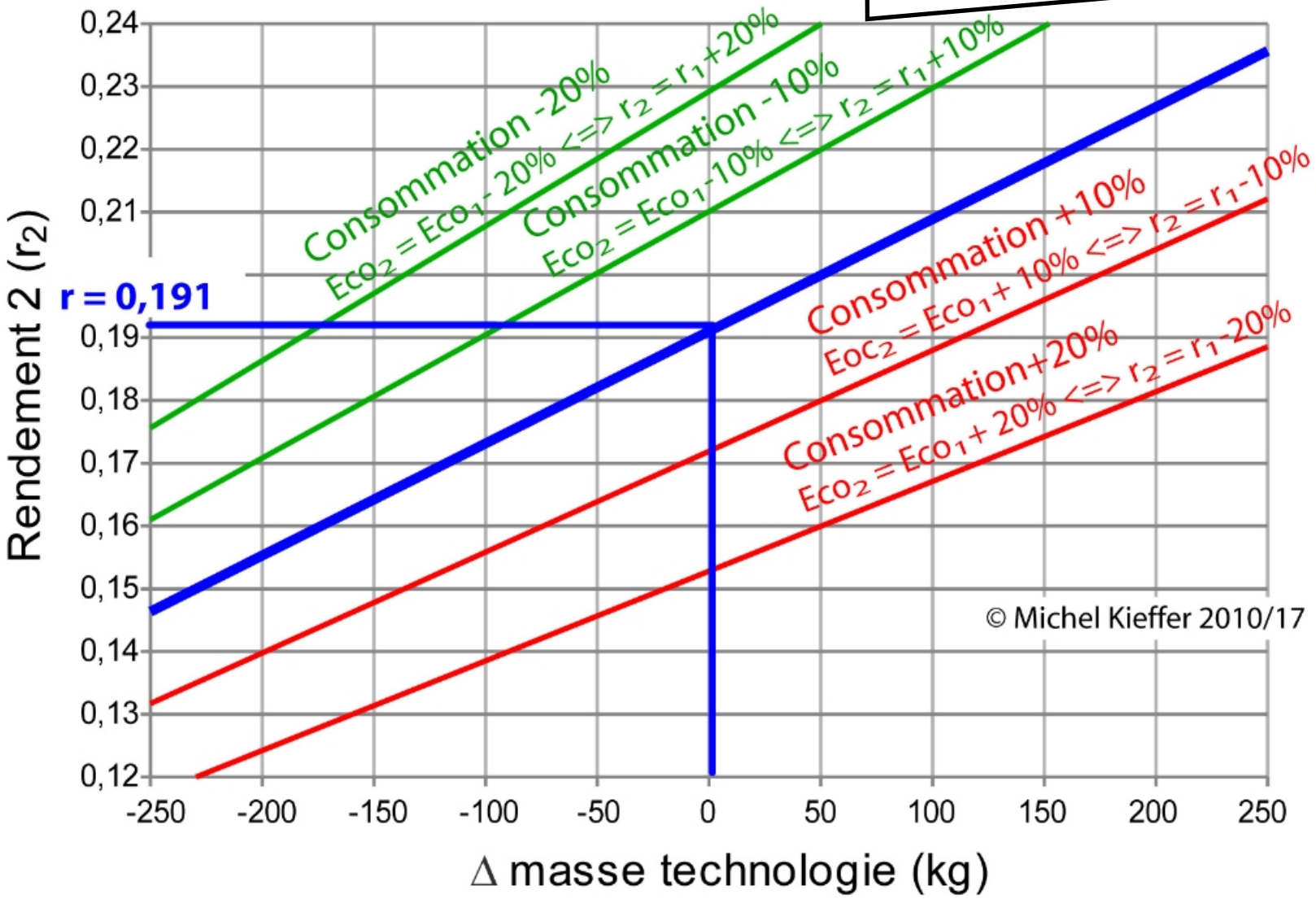
...r_2 en fonction de $\Delta m_{technologie}$ avec les données du véhicule référence.



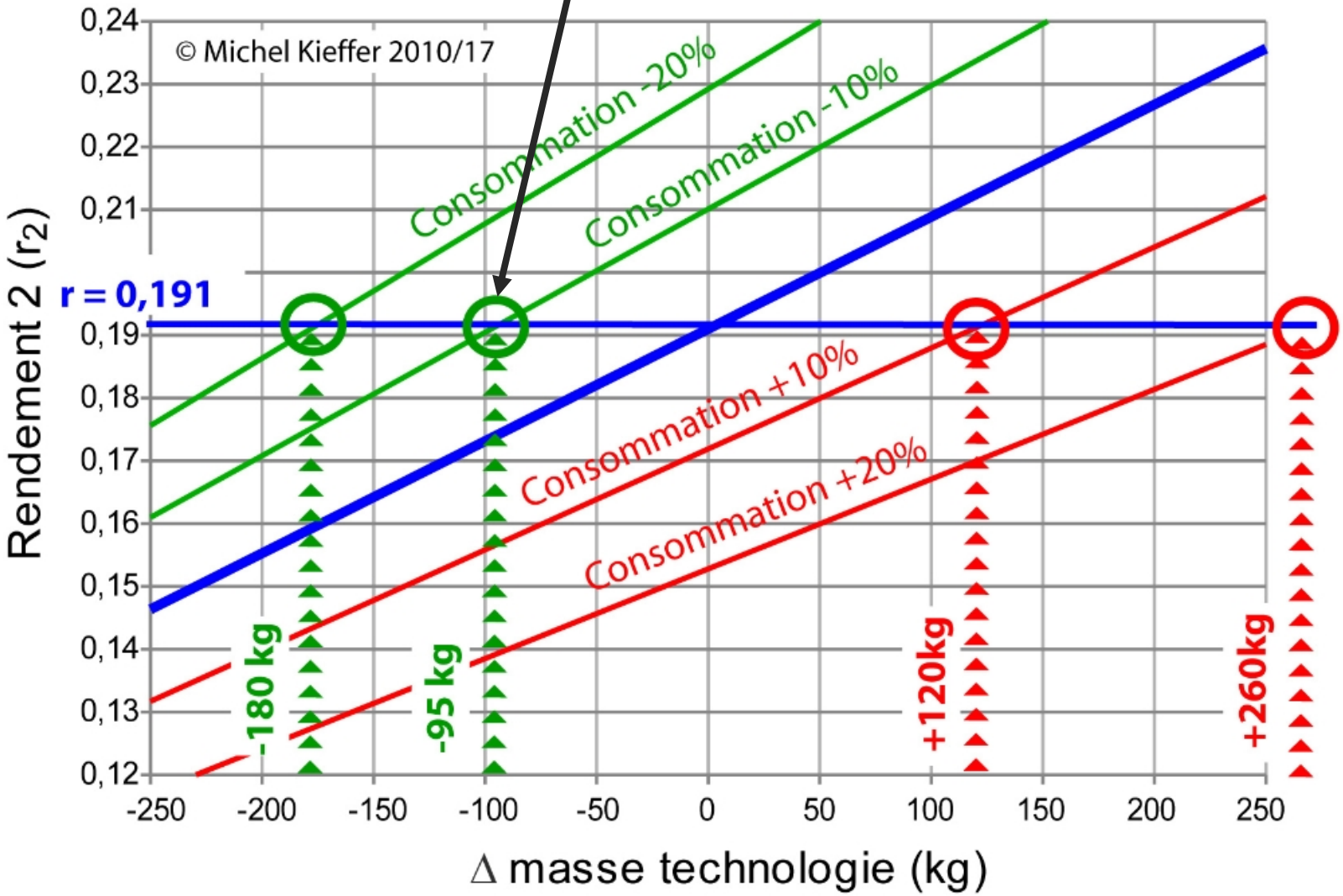
Interprétons ce résultat : si Δm_{techno} = +100kg, le rendement doit grimper d'environ 10% pour ne pas dégrader la consommation…



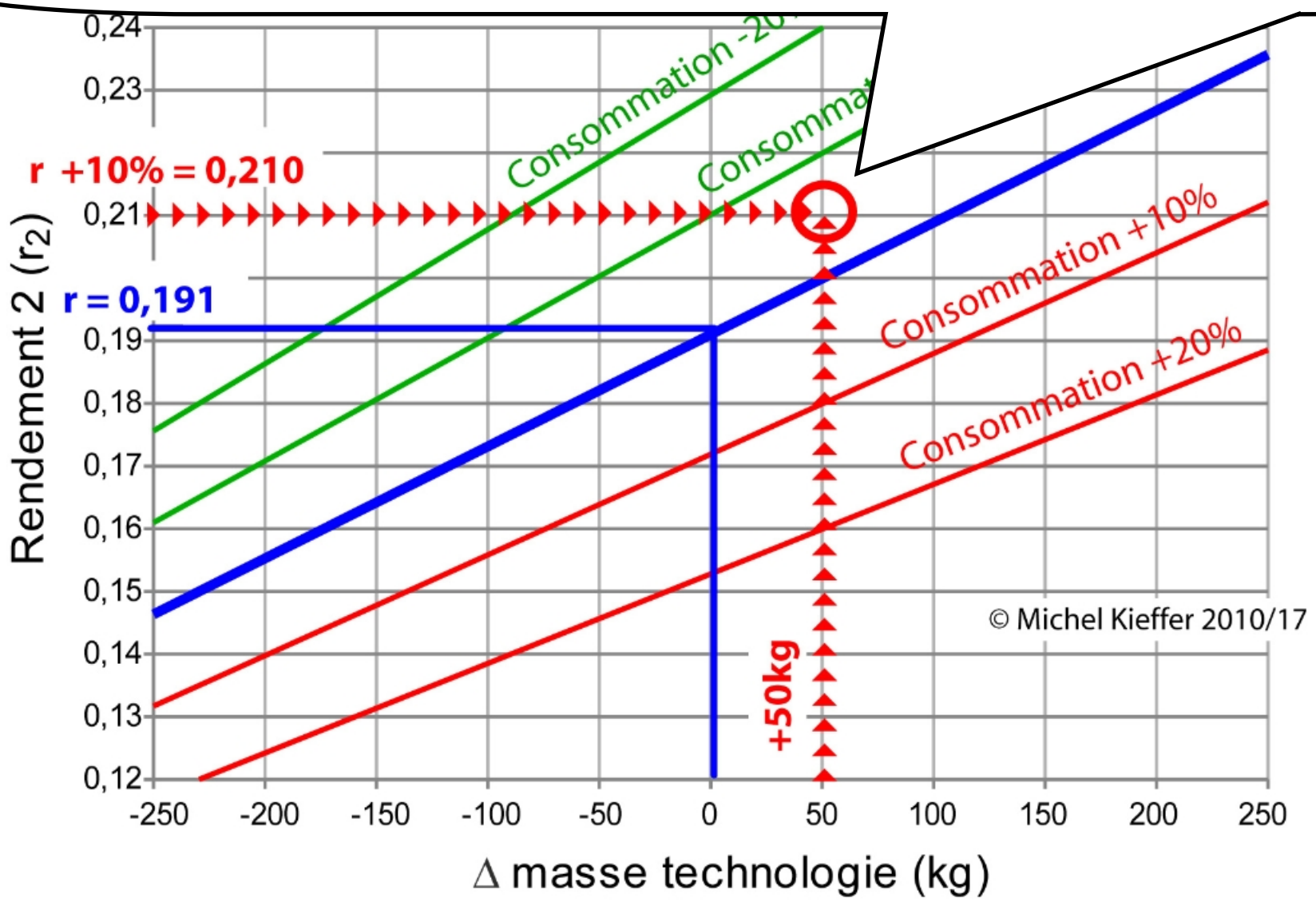
Rajoutons les Δ consommations en fonction des rendements. Par exemple, r +10% ⇔ conso -10%.



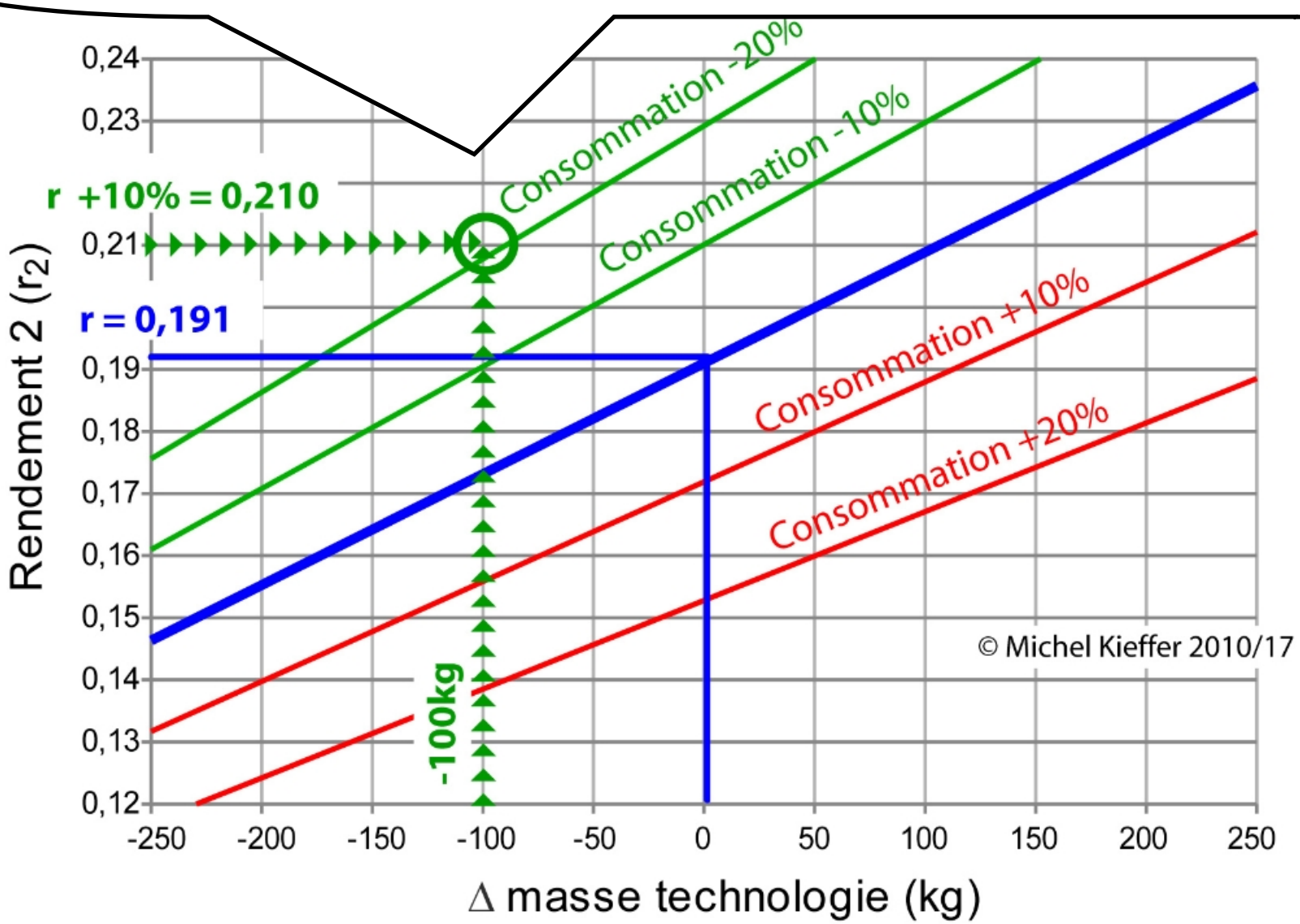
A rendement cst (0,191), Δm $_{techno}$ = -95kg ⇔ -10% sur la consommation…



Autre ex. : +10% sur le rendement combiné à Δm_{techno} = +50kg ⇔ -4% sur la conso… donc bof bof.



Ou : +10% sur le rendement combiné à Δm_{techno} = -100kg ⇔ ≈ -21% sur la consommation.



En conclusion, le nerf de la guerre contre le CO2, c'est avant tout de ne pas se tromper de cible !

FIN