

Scénarios de pénétration du véhicule électrique et calcul de valeurs d’option

Michel ADRIEN VOGT-SCHILB (vogt arrobase centre-cired.fr)

October 10, 2017

Contents

1	Préambule	1
2	Introduction: premières données problème	1
3	Modélisation du marché automobile	2
4	Scénarios de prix de l’énergie et pénétration du véhicule électrique	3
5	Calcul et contrôle des émissions de gaz à effet de serre	6

1 Préambule

Avant de commencer, créer un fichier `optval.sce` commençant par:

```
clear();
stacksize(1e8);
MODELDIR = get_absolute_file_path("optval.sce");
cd(MODELDIR);
```

2 Introduction: premières données problème

On classe les voitures européennes selon trois grands types ou technologies: “*classique*”, “*efficace*” et “*électrique*”. On résume leurs caractéristiques dans le tableau 1. A l’année de référence, l’essence coûte 1 700 \$/tep et l’électricité coûte 2 000 \$/tep. Les automobilistes gardent en moyenne 8 ans leur voiture, et parcourent 14 000 km par an.

Question 1 *Incorporez ces données à `optval.sce`.*

	Classique	Efficace	Electrique
Cout (\$)	16 500	22 000	29 000
Consommation (10^{-6} tep/km)	70.4	52.9	15.4
Part de marché à l'année de référence (%)	88	10	2

Table 1: Caractéristiques des différents types de véhicules

```
//parts de marche des voitures a l'annee de reference
MSH_ref=[ 0.88 0.10 0.02];
//Cout des voitures
CINV=[16500 22000 29000]; //$
conso_carbu = [7.04E-5 5.29E-5 0]; //tep /km (8.7 6.5 0. L/100km)
conso_elec = [0 0 1.54E-5]; //tep/km

p_elec_ref = 2000; //$/tep
p_carbu_ref= 1700; //$/tep

//parcours moyen d'un vehicule et duree de vie
km_per_year=14000;
life_time = 8;
```

3 Modélisation du marché automobile

Les notes d'un chercheur mentionnent $lcc(j)$, valeur associée à chaque technologie j et calculée grâce à la relation:

$$lcc = C_{Inv} + \sum_{t=1}^T \frac{c_{carb} \cdot p_{carb} + c_{elec} \cdot p_{elec}}{(1+i)^t} \quad (1)$$

Question 2 *Que représente d'après vous lcc pour chaque technologie? Identifiez chaque terme de l'équation (1).*

D'après les notes du chercheur, la part de chaque technologie dans le stock d'automobiles msh (pour *market share*) vérifie

$$\frac{msh(k)}{msh(j)} = \left(\frac{lcc(k)}{lcc(j)} \right)^\gamma \quad (2)$$

où γ est un nombre négatif qui est fonction de l'homogénéité du marché, et (j, k) représente un couple de technologies.

Question 3 *Quelle valeur de gamma pourrait représenter un marché parfaitement homogène, i.e. pour lequel tous les consommateurs ont rigoureusement le même comportement ?*

La fonction scilab suivante calcule un lcc *kilométrique annualisé*. On en parlera tout de même par la suite comme du lcc.

```
function lcc = calc_lcc(CINV,conso_elec,conso_carbu,p_elec,p_carbu,km_per_year,disc_rate)
    disc_fact =sum(1 ./ (1+disc_rate).^(1:life_time))
    lcc = CINV./(disc_fact*km_per_year) + (conso_carbu.*p_carbu+conso_elec.*p_elec)
endfunction
```

Question 4 Proposez un calcul direct de chaque msh en fonction de tous les lcc, puis complétez la fonction scilab suivante destinée à calculer les parts de marché de chaque technologie. On pourra utiliser la puissance terme à terme \wedge et la commande sum.

```
function MSH = calc_pdm(LCC,gama)
    //completer ici
endfunction
```

Les notes du chercheur proposent les valeurs suivantes pour le taux d'actualisation et la variable d'homogénéité du marché.

Question 5 Vérifiez que ces valeurs donnent des résultats proches des parts de marchés constatées (tableau 1).

```
disc_rate=0.16;
gama = -15;

lcc = calc_lcc(CINV,conso_elec,conso_carbu,p_elec_ref,p_carbu_ref,km_per_year,disc_rate)
MSH = calc_pdm(lcc,gama)
disp(MSH-MSH_ref,"MSHcalc - MSHref =")
```

On s'intéresse au cout moyen annualisé du système automobile :

```
function tot_annual_cost = calc_anualcost(lcc,MSH,km_per_year)
    tot_annual_cost = sum(lcc.*MSH).*km_per_year
endfunction
```

Question 6 Quel est le cout moyen annualisé du système automobile simulé à l'année de référence?

```
cout_ref = calc_anualcost(lcc,MSH,km_per_year)
disp("cout moyen anualise de reference : "+string(cout_ref))
```

4 Scénarios de prix de l'énergie et pénétration du véhicule électrique

L'évolution des prix des énergies est difficile à prévoir, notre chercheur ne peut donc pas assoir son analyse sur une prévision unique des prix. Les prévisions consultées par notre chercheur se contredisent: les prix pourraient aussi bien doublés qu'être divisés par deux ! Le chercheur décide de modéliser les prix futurs comme des variables aléatoires log-normales :

```

//SCENARIOS
N=300; //ajuster en fonction de la vitesse de votre machine
evar = log(2)/3; emean = log(1.2);
cvar = log(2)/2; cmean = log(1.5);
distri_elec = exp(grand(1,N,"nor",emean,evar));
distri_carb = exp(grand(1,N,"nor",cmean,cvar));
p_elec_futurs = p_elec_ref *distri_elec;
p_carbufuturs = p_carbu_ref*distri_carb;

//Affichage des hypotheses sur les prix
n_histo = 40;
clf;
subplot(321);
histplot(n_histo,p_elec_futurs); title("Distribution de p_elec_futurs");
subplot(322);
histplot(n_histo,p_carbufuturs); title("Distribution de p_carbufuturs");
xs2gif(0,"HypothesesPrixFuturs.gif");

```

Question 7 *Pourquoi avoir choisi une représentation log-normale ? Comparez ce que sait notre chercheur sur l'évolution future des prix du carburant et de l'électricité.*

Question 8 *Calculer, pour chaque couple de prix futurs, les parts de marché de la voiture électrique (VE) et le cout moyen annualisé du système de transport.*

```

//SIMULATIONS DE LA PENETRATION DU VE
winId=waitbar("Simulation...");
k=1;
tot_cost_futurs = zeros(N^2,1);
lcc_futurs = zeros(N^2,3);
MSH_futurs = zeros(N^2,3);
for i = 1:size(p_elec_futurs,"*")
    for j = 1:size(p_carbufuturs,"*")
        pelec = p_elec_futurs(i);
        pcarb = p_carbufuturs(j);
        lcc_futurs(k,:) = calc_lcc(CINV,conso_elec,conso_carbu,pelec,pcarb,km_per_year,disc_rate);
        MSH_futurs(k,:) = calc_pdm(lcc_futurs(k,:),gama);
        tot_cost_futurs(k) = calc_anualcost(lcc_futurs(k,:),MSH_futurs(k,:),km_per_year);
        waitbar(k/(N^2),winId);
        k=k+1;
    end
end
winclose(winId);
cost_with_VE = tot_cost_futurs;
msh_ve = MSH_futurs(:,3);

//Affichage
subplot(312);
histplot(n_histo,msh_ve); title("Distribution des pdm de VE");
subplot(313);
histplot(n_histo,cost_with_VE); title("Distribution des couts du systeme automobile");
xs2gif(0,"PDMveFuturs.gif");

```

Question 9 Calculez et affichez de même la distribution de `cost_no_VE`, cout annualisé du système automobile lorsque les VE ne sont pas disponibles. On pourra utiliser une astuce pour exclure rapidement le VE, comme:

```
CINVnoVE = CINV; CINVnoVE(3) = 10*CINV(3);
```

Valeur d'option

On suppose que le revenu moyen des automobilistes est de 30 000 \$. On suppose que les déplacements automobiles sont contraints et les automobilistes n'y associent aucune utilité. Cette dernière dépend du logarithme du revenu disponible après déplacements automobiles :

```
//UTILITE ET VALEUR D'OPTION
Revenu = 30000;
function u=calc_util(tot_cost_futurs,Revenu)
    u = log(Revenu-tot_cost_futurs)
endfunction
```

Question 10 Commentez la forme fonctionnelle de l'utilité à la lumière du TP Risk and decision. L'objectif est de calculer l'effet de la disponibilité du VE sur l'utilité espérée. Pourquoi a-t-on besoin de connaître le revenu ?

Question 11 Affichez la distribution d'utilité dans les cas avec et sans VE, en faisant apparaître l'utilité espérée. Commentez l'effet de la disponibilité des VE sur la distribution de l'utilité.

```
u_ve      = calc_util(cost_with_VE,Revenu);
u_cost_no_VE = calc_util(cost_no_VE,Revenu);
eu_ve      =mean(u_ve      );
eu_cost_no_VE =mean(u_cost_no_VE);
clf;histplot(n_histo,u_ve);
histplot(n_histo,u_cost_no_VE,style=3);
title("distribution d'utilite");
legend(["avecVE"; "sansVE"]);
plot(eu_ve,0,".k");
plot(eu_cost_no_VE,0,".g");
xs2gif(0,"VESurUtiliteBaseline.gif");
```

Le gouvernement propose de financer la création de la filière de production de voitures électriques par une taxe forfaitaire et payée par les automobilistes (à l'image de la vignette automobile). On cherche quel est le montant maximal que l'automobiliste est prêt à payer aujourd'hui pour s'assurer que des VE seront disponibles si nécessaires dans le futur.

Question 12 Calculer le prélèvement maximal que l'on peut ponctionner sur le revenu des automobilistes en échange de la garantie que des voitures électriques seront disponibles dans le futur. Il s'agit de la valeur que l'automobiliste partageant avec notre chercheur les croyances sur les prix futurs de l'énergie accorde à une option sur le véhicule électrique (VE).

```

function y=solve_cvi(x,distrib_cost,Revenu,cible)
    y = mean(calc_util(distrib_cost,Revenu+x))-cible
endfunction

cvi = fsolve(0,list(solve_cvi,cost_no_VE,Revenu,eu_ve));
disp("cvi= "+string(cvi)+" gains moyens = "+string(mean(cost_no_VE-cost_with_VE)))

```

Question 13 *Comparez la valeur d'option à l'effet des VE sur moyenne du cout du système automobile. Commentez la valeur absolue et le signe de la différence entre ces deux valeurs.*

Cost at risk

Les bonnes pratiques administratives imposent de s'intéresser au *cost at risk* des projets sur lesquels la puissance publique intervient. On appelle *cost at risk* au niveau λ du système automobile le cout annualisé x tel que le cout futur du système automobile soit inférieur à x avec une probabilité de $1 - \lambda$.

Question 14 *Calculer et comparer le cost at risk au niveau 5% du système automobile lorsque les VE sont disponibles et indisponibles.*

```

//COST AT RISK
lambda=0.05;

values=gsort(cost_with_VE);
CaR_ve=values(int(lambda*N^2));
clf;
plot(values,linspace(0,1,N^2),"r");
disp("CaR(5%) des trajets avec VE = "+string(CaR_ve) );

valuesnove=gsort(cost_no_VE);
CaR_nove=valuesnove(int(lambda*N^2));
plot(valuesnove,linspace(0,1,N^2),"b");
disp("CaR(5%) des trajets sans VE = "+string(CaR_nove) );

legend(["avecVE","sansVE"]);
title("Distribution des couts du systeme automobile et CaR(5%)")
plot([values; valuesnove],lambda*ones([values; valuesnove]),"k");
xs2gif(0,"DistribCoutsTrajetBaseline.gif");

```

5 Calcul et contrôle des émissions de gaz à effet de serre

Calcul des émissions de CO₂

Il y a 220 millions de véhicules dans le parc. La consommation de carburants s'accompagne d'émissions de CO₂: l'électricité contient 400 gCO₂/kWh, et les carburants liquides contiennent 2.8 tCO₂/tep.

Prix du carbone (\$)	0	10	30	200
Abattements (GtCO ₂)	0	0.5	1	2

Table 2: Réponse du reste de l'économie à un prix du carbone

Question 15 Complétez la fonction *scilab* qui calcule les émissions de gaz à effet serre du système automobile, puis calculez les émissions des voitures à l'année de référence.

```
//EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE
contenu_elec_ref = 4.5; // tCO2/tep
contenu_carbu = 2.8; // tCO2/tep

function emis = calc_car_emi(MSH,conso_elec,conso_carbu,contenu_elec,contenu_carbu)
    //completer ici
    ...
endfunction
disp("emis. voitures ref. : "+string(calc_car_emi(..
    MSH_ref,conso_elec,conso_carbu,contenu_elec_ref,contenu_carbu)*1e6)+"g/km")
```

On s'intéresse aux émissions totales de CO₂. Le reste de l'économie (hors système automobile) est responsable de 4.5 GtCO₂/an. On souhaite appliquer une taxe carbone pour réduire les émissions de CO₂. Notre chercheur connaît précisément la réponse du reste de l'économie à une taxe carbone, qui est résumée dans le tableau 2.

Question 16 Complétez la fonction suivante qui calcule les émissions de CO₂ du reste de l'économie en fonction du niveau de la taxe. On pourra utiliser la commande `interp1n`.

```
//BOUCLAGE MACRO
emi_roe_ref = 2.5e9; //tCO2
function emis = calc_roe_emis(tax,emi_roe_ref)
    //completer ici
endfunction
```

Notre chercheur est de plus certain que le contenu carbone de l'électricité décroît linéairement avec le niveau de la taxe, pour atteindre 0 à 250 \$/tCO₂:

```
function contenu_elec= calc_contenu_elec(tax,contenu_elec_ref)
    contenu_elec = max (interp1n ([0 250; contenu_elec_ref 0],tax),0)
endfunction
```

On souhaite tester la réponse de notre modèle à un prix du carbone. Pour l'instant, on soumet arbitrairement le modèle à des taxes de 0, 10, 30, 60 et 100 \$/tCO₂, qui seront considérées équiprobables.

Question 17 Calculer, afficher et commenter la distribution des émissions de gaz à effet de serre totaux, quand le VE est disponible et lorsqu'il ne l'est pas. Pour cela compléter le programme ci-dessous :

```

//Hypotheses sur la valeur du carbone
taxes_futures = [0 10 30 60 100]
n_tax= size(taxes_futures,"*");

//distribution des emissions avec VE
winId=waitbar("Impact taxe...");
k=1;
tot_cost_futurs = zeros(N^2*n_tax,1);
lcc_futurs      = zeros(N^2*n_tax,3);
MSH_futurs     = zeros(N^2*n_tax,3);
contenu_elec   = zeros(N^2*n_tax,1);
emis_roe      = zeros(N^2*n_tax,1);
emiscar       = zeros(N^2*n_tax,1);
for i = 1:size(p_elec_futurs,"*")
    for j = 1:size(p_carbufuturs,"*")
        for l=1:n_tax
            tax = taxes_futures(l);
            pelec = p_elec_futurs(i);
            pcarb = p_carbufuturs(j);
            contenu_elec = calc_contenu_elec(tax,contenu_elec_ref);
            emis_roe(k) = calc_roe_emis(tax,emi_roe_ref);
            lcc_futurs(k,:) = calc_lcc(CINV,conso_elec,conso_carbu,pelec+tax*contenu_elec,...
                pcarb+tax*contenu_carbu,km_per_year,disc_rate);
            MSH_futurs(k,:) = calc_pdm(lcc_futurs(k,:),gama);
            emiscar(k) = calc_car_emi(MSH_futurs(k,:),conso_elec,conso_carbu,contenu_elec,contenu_carbu);
            waitbar(k/(N^2*n_tax),winId);
            k=k+1;
        end
    end
end
winclose(winId);
emis_ve = emiscar + emis_roe;

//COMPLETER ICI LE CAS SANS VE
...

clf;histplot(n_histo,emis_ve);
histplot(n_histo,emis_nove,style=3);
title("distribution des emissions");
legend(["avecVE"; "sansVE"]);
xs2gif(0,"PresenceVESurEmissions.gif");

```

Question 18 *Que deviennent alors la valeur d'option du VE et les Cost at risk du système automobile?*

Contrôle des émissions de CO₂

Plutôt que de faire des scénarios sur le prix futur du CO₂, on souhaite contraindre l'économie à réduire de moitié ses émissions. On cherche donc, dans chaque scénario, à appliquer le prix

du carbone qui permet d'atteindre cet objectif.

La fonction suivante calcule la plupart des variables de notre modèle. Elle peut être utilisée comme le montrent les exemples ci-dessous pour calculer les variables du modèle ou pour trouver la taxe qui contraint les émissions à un niveau donné.

```
function [emis, emiscar, emis_roe, contenu_elec, lcc_futurs, MSH_futurs] = ..
calc_tot_emis(tax, contenu_elec_ref, contenu_carbu, emi_roe_ref, CINV, conso_elec, ..
conso_carbu, pelec, pcarb, km_per_year, disc_rate, gama, cible)
    contenu_elec    = calc_contenu_elec(tax, contenu_elec_ref)
    emis_roe       = calc_roe_emis(tax, emi_roe_ref)
    lcc_futurs     = calc_lcc(CINV, conso_elec, conso_carbu, pelec+tax*contenu_elec, ..
    pcarb+tax*contenu_carbu, km_per_year, disc_rate);
    MSH_futurs     = calc_pdm(lcc_futurs, gama);
    emiscar        = calc_car_emi(MSH_futurs, conso_elec, conso_carbu, contenu_elec, contenu_carbu)
    emis = (emiscar + emis_roe) - cible
endfunction

//trouve la taxe qui permet d'atteindre 4GtCO2 en partant d'une taxe \`a 50;
tax_calc = fsolve(50, list(calc_tot_emis, contenu_elec_ref, contenu_carbu, emi_roe_ref, cinv, ..
    conso_elec, conso_carbu, pelec, pcarb, km_per_year, disc_rate, gama, 4e9));

//calcule les autres variables du modele sans cibler de niveau d'emissions particulieres.
[emis(k), emiscar(k), emis_roe(k), contenu_elec(k), lcc_courant, MSH_courant] = ..
    calc_tot_emis(tax(k), contenu_elec_ref, contenu_carbu, emi_roe_ref, cinv, conso_elec, ..
    conso_carbu, pelec, pcarb, km_per_year, disc_rate, gama, 0);
```

Question 19 *Utiliser les deux formes de cette fonction pour calculer, afficher et comparer la distribution de taxe permettant d'atteindre l'objectif de diviser par deux les émissions de l'économie entière, avec et sans VE disponibles.*

Question 20 *Calculer la nouvelle valeur d'option du VE et les nouveaux Cost at Risk.*