

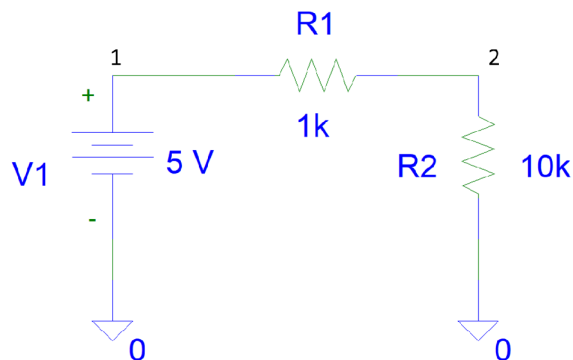
UACS : Guide de l'utilisateur

Table of Contents

Simulation statique d'un circuit linéaire.....	1
Pont diviseur de tension.....	1
Circuit RC (simulation statique).....	2
Simulation temporelle d'un circuit linéaire.....	3
Circuit RC, conditions initiales nulles.....	3
Circuit RC conditions $V_c(0) = 2\text{ V}$	4
Circuit RC-RC.....	5
Circuit RLC.....	5
Circuits Non Linéaires	8
Point de fonctionnement d'un circuit Resistance - Diode en série.....	8
Evolution de la tension V et courant I en fonction de la tension E_g (0 - 10 V):.....	9
Amplificateur opérationnel.....	10
Amplificateur Opérationnel : uA741 : Inverseur.....	10
Amplificateur Opérationnel : uA741 : Inverseur (Saturation).....	11
Amplificateur Opérationnel : uA741 : Inverseur (Slew Rate).....	12
Amplificateur Opérationnel : uA741 : Filtre Passe Bas Salen-Key.....	13
Amplificateur Opérationnel : uA741 : Filtre Passe Bas Salen-Key, réponse à un échelon.....	15
Source de courant pour PT100.....	16
Electronique de puissance.....	18
Electronique de puissance - Hacheur Série.....	18
Electronique de puissance Hacheur 2 Quadrants.....	19

Simulation statique d'un circuit linéaire

Pont diviseur de tension



Définition du circuit :

```
clear
netlist={
    'R1 1 2 1e3'
    'R2 2 0 10e3'
    'V1 1 0 5'
};
```

```
sim=uacs(netlist)
```

```
Analog Circuit Simulator v2 (c)Frederic Martinez
max time steps =200000 TolR=0.001 TolA=1e-12 TolR_NR=0.01 TolA_NR=1e-12 maxIterNR=5000 dt_max=, dt_min=1e-09
2 Resistor(s), 0 Inductor(s), 0 Capacitor(s), 0 Diode(s), 0 Current Source(s), 1 Voltage Source(s) 2 electrical nodes
in.t and in.t_bounds not provided ... OP solver
Calcul point de Fonctionnement
[ok]
sim = struct with fields:
    X: [3x1 double]
    in: [1x1 struct]
    out_parser: [1x1 struct]
    probe_name: {}
    probe_id: []
    names: {'V(1)' 'V(2)' 'I(V1)'}
```

uacs renvoie une structure sim avec sim.X correspondant au vecteur des inconnues de la formulation MNA : les potentiels des noeuds puis les inconnues de courant de la source de tension, dans l'ordre de in.V (si plusieurs sources). La cell sim.names donne la composition du vecteur des inconnues sim.X.

```
fprintf('Potentiel du noeud 1 : %g V\nPotentiel du noeud 2 : %g V\nCourant débité par la source de tension : %g A\n', sim.X)
```

```
Potentiel du noeud 1 : 5 V
Potentiel du noeud 2 : 4.54545 V
Courant débité par la source de tension : -0.000454545 A
```

Circuit RC (simulation statique)

En simulation statique, la capacité est équivalente à un circuit ouvert.

```
clear
netlist={
    'R1 1 2 1e3'
    'C1 2 0 1e-9'
    'V1 1 0 5'
};
sim=uacs(netlist)
```

```
Analog Circuit Simulator v2 (c)Frederic Martinez
max time steps =200000 TolR=0.001 TolA=1e-12 TolR_NR=0.01 TolA_NR=1e-12 maxIterNR=5000 dt_max=, dt_min=1e-09
1 Resistor(s), 0 Inductor(s), 1 Capacitor(s), 0 Diode(s), 0 Current Source(s), 1 Voltage Source(s) 2 electrical nodes
in.t and in.t_bounds not provided ... OP solver
Calcul point de Fonctionnement
[ok]
sim = struct with fields:
    X: [3x1 double]
    in: [1x1 struct]
    out_parser: [1x1 struct]
    probe_name: {}
    probe_id: []
    names: {'V(1)' 'V(2)' 'I(V1)'}
```

```
sim.X
```

```
ans = 3x1
    5.0000
    5.0000
   -0.0000
```

Simulation temporelle d'un circuit linéaire

Circuit RC, conditions initiales nulles

```
clear in
netlist={
    'R1 1 2 1e3'
    'C1 2 0 100e-9'
    'V1 1 0 5'
    '.tran tstop=1e-3 dtmax=1e-5 initTRAN=CI'
};
sim=uacs(netlist)
```

```
Analog Circuit Simulator v2 (c)Frederic Martinez
max time steps =200000 TolR=0.001 TolA=1e-12 TolR_NR=0.01 TolA_NR=1e-12 maxIterNR=5000 dt_max=1e-05, dt_min=1e-09
1 Resistor(s), 0 Inductor(s), 1 Capacitor(s), 0 Diode(s), 0 Current Source(s), 1 Voltage Source(s) 2 electrical nodes
Transient Simulation, t0=0, tmax=0.0009999975, with Trapezoidal discretization and automatic time step control.
Solution initiale @ t=0 // Solution initiale Sources à 0 et IC_C IC_L
[ok]
```

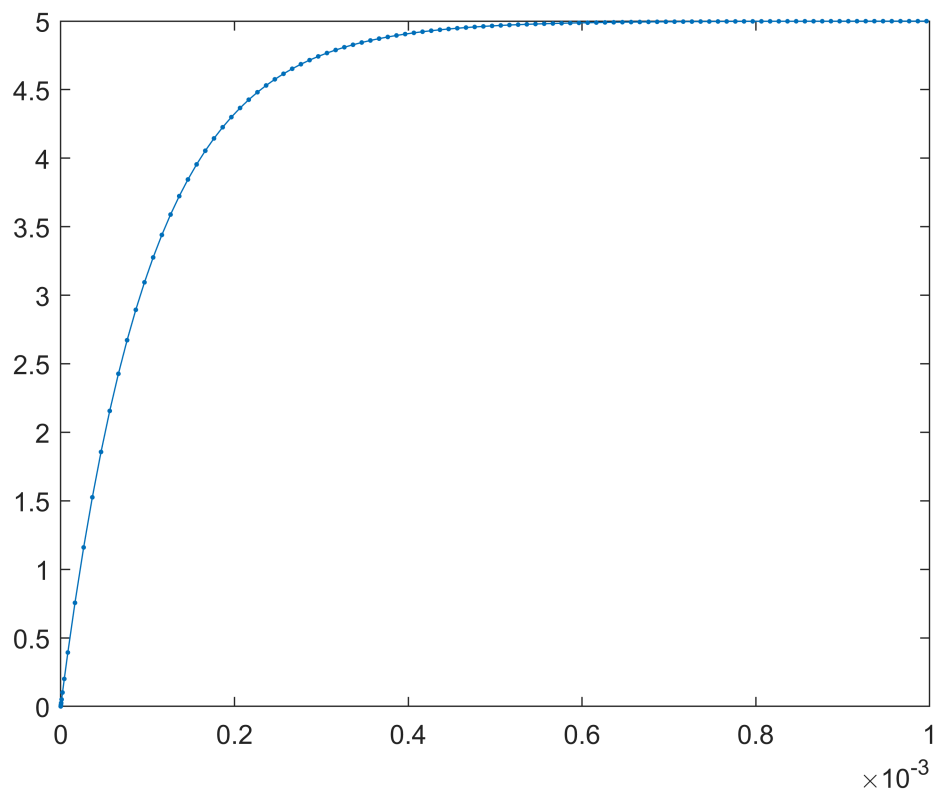
```
118 time steps computed in 0.0796419 seconds.
```

```
sim = struct with fields:
```

```
    X_t: [3x118 double]
    t: [1x118 double]
    in: [1x1 struct]
out_parser: [1x1 struct]
probe_name: {}
probe_id: []
names: {'V(1)' 'V(2)' 'I(V1)'}
```

initTRAN=CI force la condition initiale à 0 (sauf pour les capacités si une tension initiale est définie par IC=...) pour t=0. Sinon la condition initiale = Point de fonctionnement (par défaut initTRAN=OP).

```
plot(sim.t,sim.X_t(2,:),'.-')
```



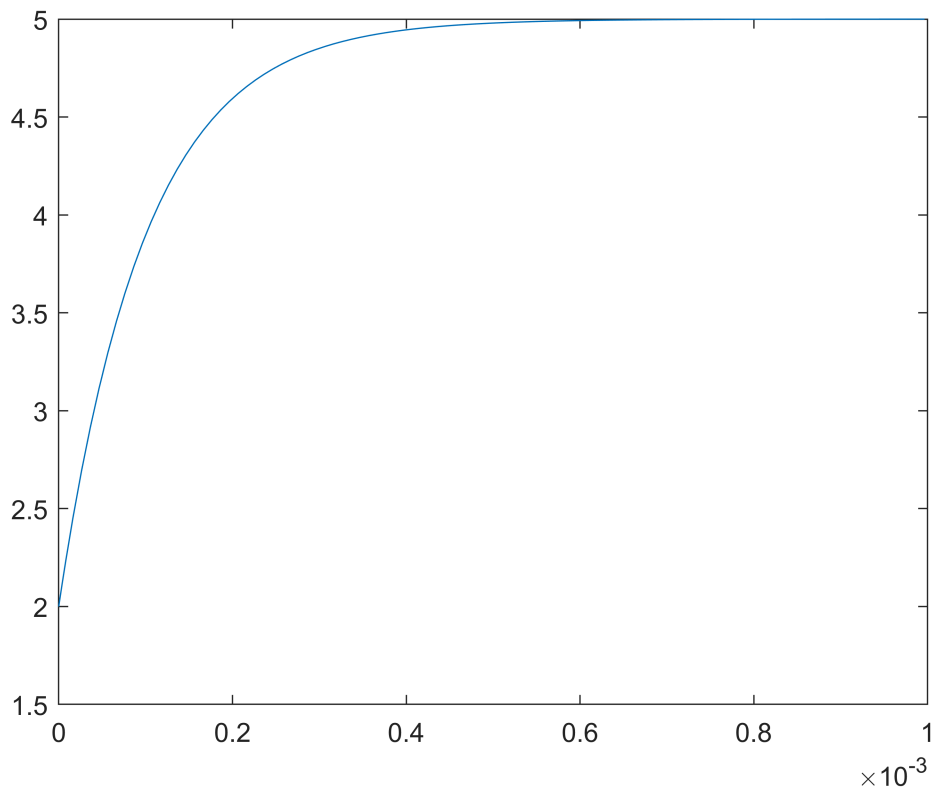
Circuit RC conditions $V_c(0) = 2 \text{ V}$

```
netlist={
    'R1 1 2 1e3'
    'C1 2 0 100e-9 IC=2'
    'V1 1 0 5'
    '.tran tstop=1e-3 dtmax=1e-5 initTRAN=CI'
};
sim=uacs(netlist);
```

Analog Circuit Simulator v2 (c)Frederic Martinez
max time steps =200000 TolR=0.001 TolA=1e-12 TolR_NR=0.01 TolA_NR=1e-12 maxIterNR=5000 dt_max=1e-05, dt_min=1e-09
1 Resistor(s), 0 Inductor(s), 1 Capacitor(s), 0 Diode(s), 0 Current Source(s), 1 Voltage Source(s) 2 electrical nodes
Transient Simulation, t0=0, tmax=0.000999975, with Trapezoidal discretization and automatic time step control.
Solution initiale @ t=0 // Solution initiale Sources à 0 et IC_C IC_L
[ok]

117 time steps computed in 0.0258385 seconds.

```
plot(sim.t,sim.X_t(2,:))
```



Circuit RC-RC

```
clear
netlist={
    'R1 1 2 1000'
    'R2 2 0 10e3'
    'C1 2 0 100e-9'
    'C2 1 2 10e-9'
    'V1 1 0 5'
    '.tran tstop=1e-3 dtmax=1e-5 initTRAN=CI'
};
sim=uacs(netlist);
```

Analog Circuit Simulator v2 (c)Frederic Martinez
max time steps =200000 TolR=0.001 TolA=1e-12 TolR_NR=0.01 TolA_NR=1e-12 maxIterNR=5000 dt_max=1e-05, dt_min=1e-09
2 Resistor(s), 0 Inductor(s), 2 Capacitor(s), 0 Diode(s), 0 Current Source(s), 1 Voltage Source(s) 2 electrical nodes
Transient Simulation, t0=0, tmax=0.000999975, with Trapezoidal discretization and automatic time step control.
Solution initiale @ t=0 // Solution initiale Sources à 0 et IC_C IC_L
[ok]

117 time steps computed in 0.0914617 seconds.

Circuit RLC

```
clear
```

```

netlist={
    'R1 1 2 220'
    'L1 2 3 0.1 IC=0'
    'C1 3 0 10e-9 IC=0'
    'V1 1 0 1'
    '.tran tstop=5e-3 dtmax=1e-5 initTRAN=CI'
};
sim=uacs(netlist);

```

Analog Circuit Simulator v2 (c)Frederic Martinez

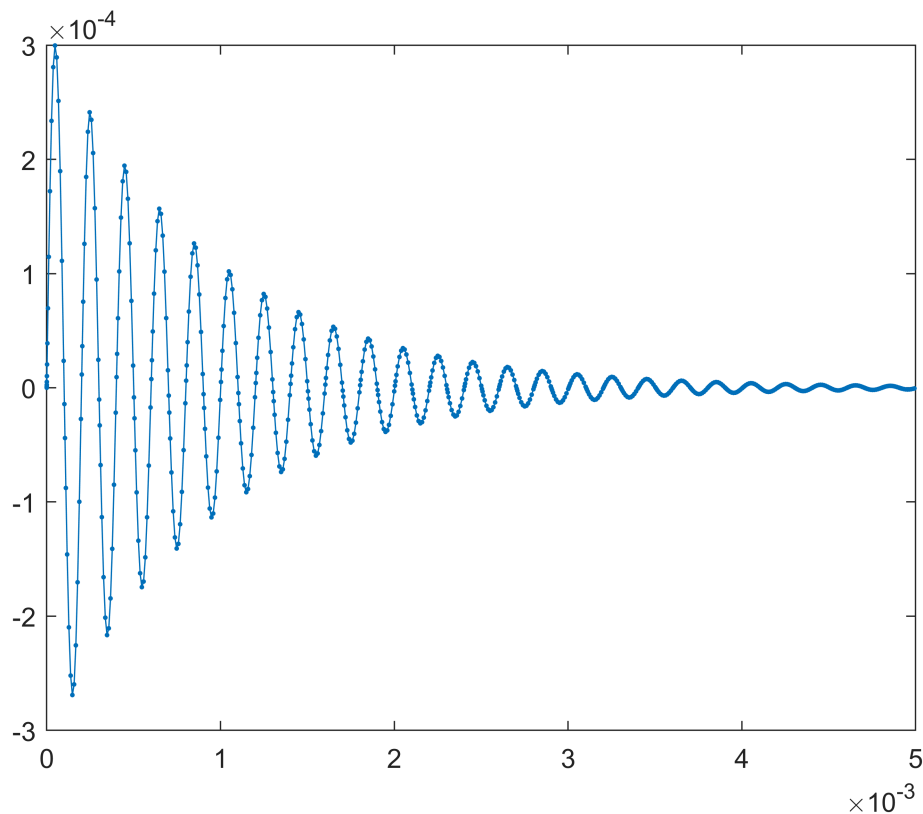
max time steps =200000 TolR=0.001 TolA=1e-12 TolR_NR=0.01 TolA_NR=1e-12 maxIterNR=5000 dt_max=1e-05, dt_min=1e-09
 1 Resistor(s), 1 Inductor(s), 1 Capacitor(s), 0 Diode(s), 0 Current Source(s), 1 Voltage Source(s) 3 electrical nodes
 Transient Simulation, t0=0, tmax=0.00499987, with Trapezoidal discretization and automatic time step control.
 Solution initiale @ t=0 // Solution initiale Sources à 0 et IC_C IC_L
 [ok]

616 time steps computed in 0.112114 seconds.

```

plot(sim.t,-sim.X_t(end,:),'.-')

```



Analyse symbolique du circuit RLC

```

netlist={
    'R1 1 2 220'
    'L1 2 3 0.1'
    'C1 3 0 10e-9'
    'V1 1 0 Ve'
    '.symb'
}

```

```
};
sim1=uacs(netlist)
```

```
*** Analyse symbolique du Circuit ***
** fspice 2.43 ** (c) Frederic Martinez
sim1 = struct with fields:
    X: [4x1 sym]
    name: {'V(1)' 'V(2)' 'V(3)' 'I(V1)'}
```

Fonction de transfert :

```
H=sim1.X(3)/sim1.X(1)
```

$$H = \frac{1000000000}{s^2 + 2200s + 1000000000}$$

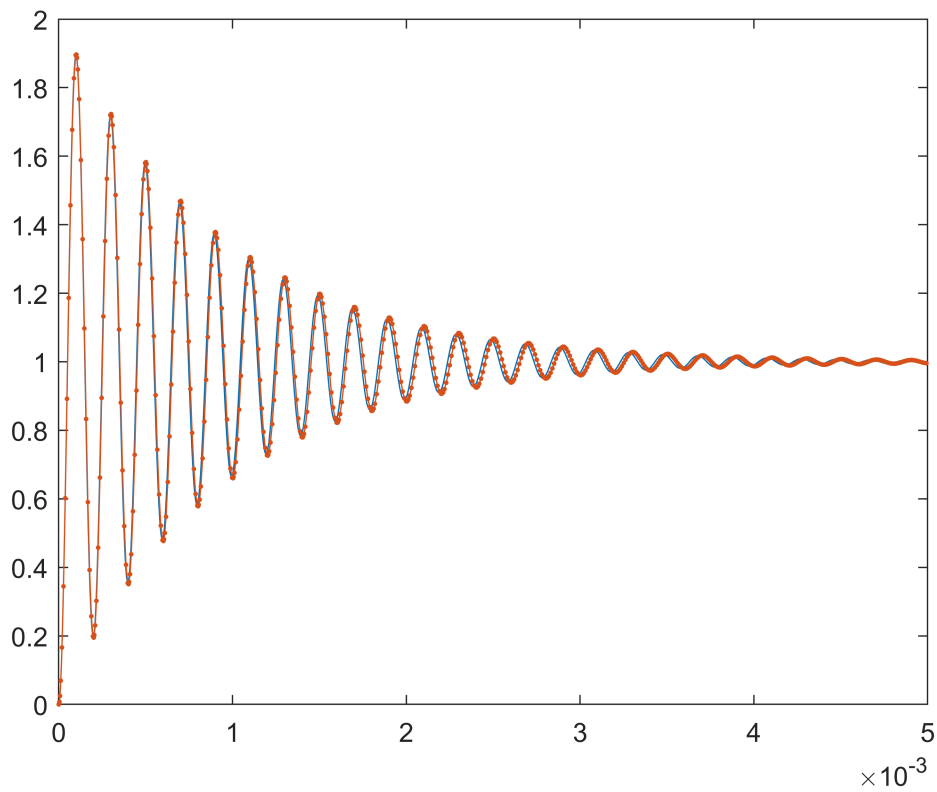
Expression symbolique de la réponse indicielle :

```
syms s
vs=simplify(ilaplace(H/s))
```

$$vs = 1 - e^{-1100t} \left(\cos(1300 \sqrt{591} t) + \frac{11 \sqrt{591} \sin(1300 \sqrt{591} t)}{7683} \right)$$

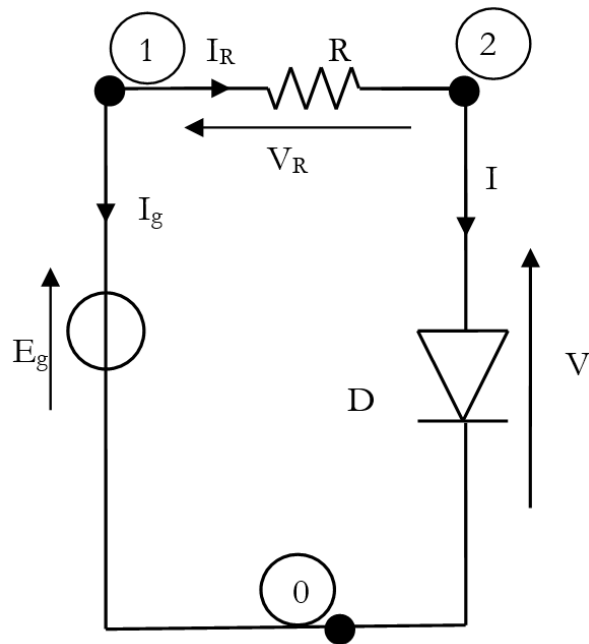
Superposition de la réponse calculée par l'expression symbolique et la simulation numérique :

```
t=linspace(0,5e-3,1000);
plot(t,subs(vs),sim.t,sim.X_t(3,:),'.-')
```



Circuits Non Linéaires

Point de fonctionnement d'un circuit Resistance - Diode en série



```
netlist={
  'V1 1 0 5'      % Générateur Eg
  'R1 1 2 1e3'    % Resistance
```



```

'D1 2 0 1N4001'
'.model D 1N4001 (IS1=14.11e-9 n1=1.984)'
};
sim=uacs(netlist)

```

```

Analog Circuit Simulator v2 (c)Frederic Martinez
max time steps =200000 TolR=0.001 TolA=1e-12 TolR_NR=0.01 TolA_NR=1e-12 maxIterNR=5000 dt_max=, dt_min=1e-09
1 Resistor(s), 0 Inductor(s), 0 Capacitor(s), 1 Diode(s), 0 Current Source(s), 1 Voltage Source(s) 2 electrical nodes
in.t and in.t_bounds not provided ... OP solver
Calcul point de Fonctionnement
[ok]
sim = struct with fields:
    X: [3x1 double]
    in: [1x1 struct]
    out_parser: [1x1 struct]
    probe_name: {}
    probe_id: []
    names: {'V(1)' 'V(2)' 'I(V1)'}

```

```
sim.X
```

```

ans = 3x1
    5.0000
    0.6483
   -0.0044

```

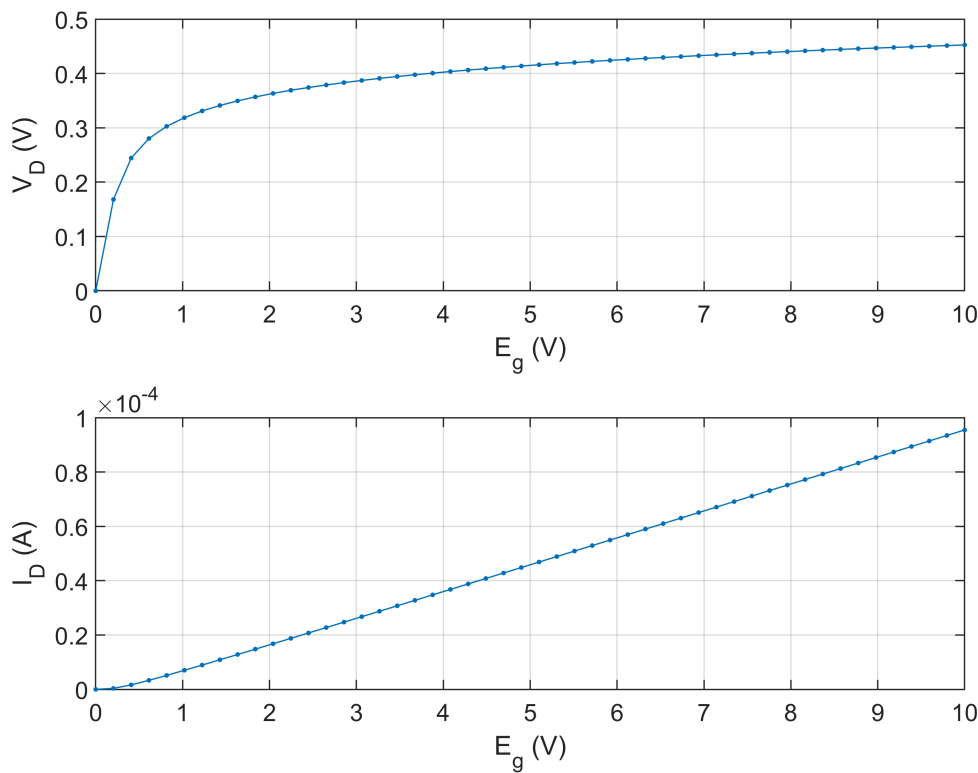
La tension aux bornes de la diode est 0.648 V, le courant traversant la diode est 4.35 mA.

Evolution de la tension V et courant I en fonction de la tension Eg (0 - 10 V):

```

netlist={
    'V1 1 0 0'      % Générateur Eg
    'R1 1 2 100e3'  % Resistance
    'D1 2 0 1N4001'
    '.model D 1N4001 (IS1=150e-12 n1=1.5)'
    '.mute'
};
V1=linspace(0,10,50);
for i=1:length(V1)
    netlist{1}=['V1 1 0 ' num2str(V1(i))]; % num2str convertit un double en string,
    % puis on concatène les chaînes de caractères
    sim=uacs(netlist);
    X=sim.X;
    VD(i)=X(2);Id(i)=-X(3);
end
subplot(2,1,1);plot(V1,VD,'.-');xlabel('E_g (V)');ylabel('V_D (V)');grid
subplot(2,1,2);plot(V1,Id,'.-');xlabel('E_g (V)');ylabel('I_D (A)');grid

```



Amplificateur opérationnel

Amplificateur Opérationnel : uA741 : Inverseur

```
netlist={
    %Amplificateur Opérationnel uA741
    uA741('e+', 'e-', 'out')
    %% Circuit
    'R1 e+ 0 500'
    'R2 e- out 1000'
    'R3 e- vg 1000'
    'V1 vg 0 sin(f=1000 a=1 off=0)'

    '.tran tstop=2e-3 dtmax=.3e-4 initTRAN=CI'
    '.probe vg out'
};
sim=uacs(netlist)
```

Analog Circuit Simulator v2 (c)Frederic Martinez

max time steps =200000 TolR=0.001 TolA=1e-12 TolR_NR=0.01 TolA_NR=1e-12 maxIterNR=5000 dt_max=3e-05, dt_min=1e-09
 17 Resistor(s), 0 Inductor(s), 4 Capacitor(s), 5 Diode(s), 3 Current Source(s), 10 Voltage Source(s) 22 electrical n
 Transient Simulation, t0=0, tmax=0.00199995, with Trapezoidal discretization and automatic time step control.
 Solution initiale @ t=0 // Solution initiale Sources à 0 et IC_C IC_L
 [ok]

343 time steps computed in 0.614613 seconds.

sim = struct with fields:

X_t: [34x343 double]

```

t: [1x343 double]
in: [1x1 struct]
out_parser: [1x1 struct]
probe_name: {2x1 cell}
probe_id: [20 9]
names: {1x34 cell}

```

Les tensions définies par .probe sont :

```
sim.probe_name
```

```

ans = 2x1 cell
'vg'
'out'

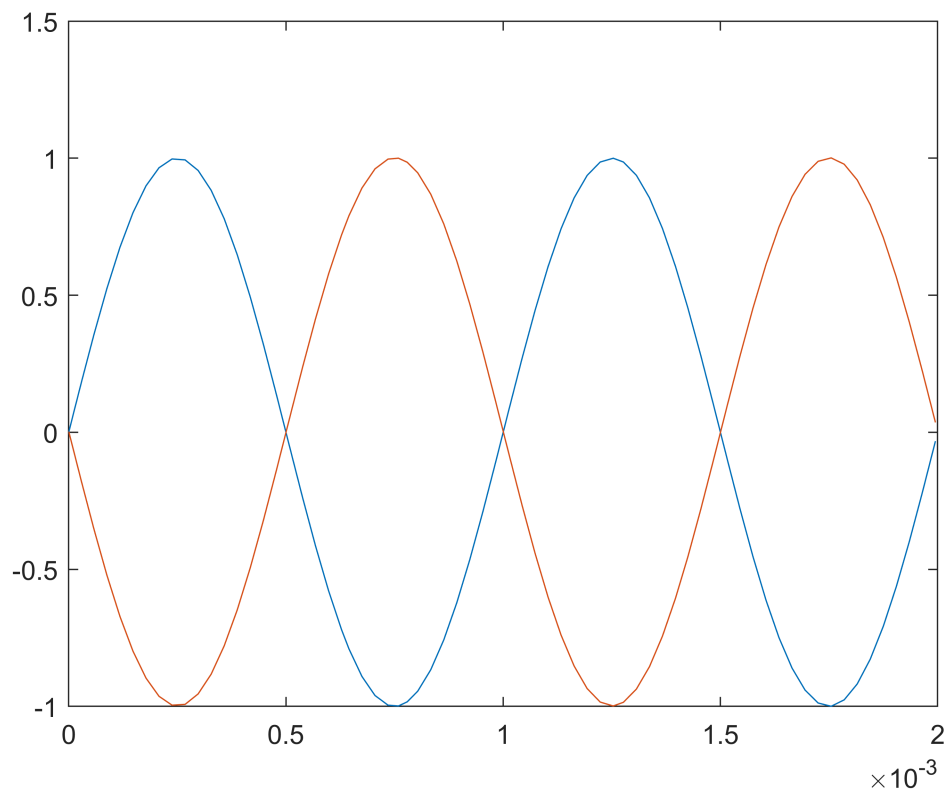
```

Si on souhaite visualiser les tensions 'vg' et 'out' :

```

figure
plot(sim.t,sim.X_t(sim.probe_id,:))

```



Amplificateur Opérationnel : uA741 : Inverseur (Saturation)

```

netlist={
  %Amplificateur Opérationnel uA741
  uA741('e+', 'e-', 'out')
  %% Circuit
  'R1 e+ 0 500'
  'R2 e- out 1000'
  'R3 e- vg 1000'

```

```

'V1 vg 0 sin(f=1000 a=15 off=0)'

'.tran tstop=2e-3 dtmax=.3e-4 initTRAN=CI'
'.probe vg out'
'.mute'
};
sim=uacs(netlist);

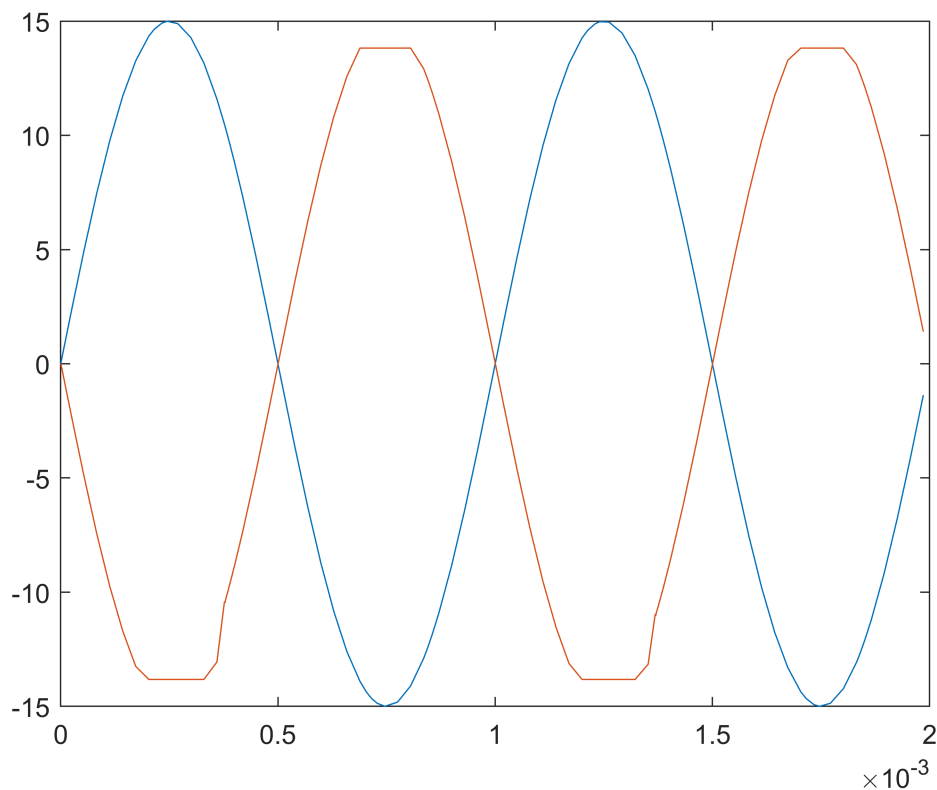
```

Si on souhaite visualiser les tensions 'vg' et 'out' :

```

figure
plot(sim.t,sim.X_t(sim.probe_id,:))

```



Amplificateur Opérationnel : uA741 : Inverseur (Slew Rate)

```

netlist={
  %Amplificateur Opérationnel uA741
  uA741('e+', 'e-', 'out')
  %% Circuit
  'R1 e+ 0 500'
  'R2 e- out 1000'
  'R3 e- vg 1000'
  'V1 vg 0 sin(f=100e3 a=0.1 off=0)'

  '.tran tstop=2e-5 dtmax=.1e-6 initTRAN=CI'
  '.probe vg out'
  '.mute'
}

```

```

};
% simulation 1 avec f=100 kHz, amplitude 0.1
sim1=uacs(netlist);
% simulation 2 avec f=100 kHz, amplitude 1
netlist{5}='V1 vg 0 sin(f=100e3 a=1 off=0)';
sim2=uacs(netlist);
% simulation 3 avec f=100 kHz, amplitude 2
netlist{5}='V1 vg 0 sin(f=100e3 a=2 off=0)';
sim3=uacs(netlist);

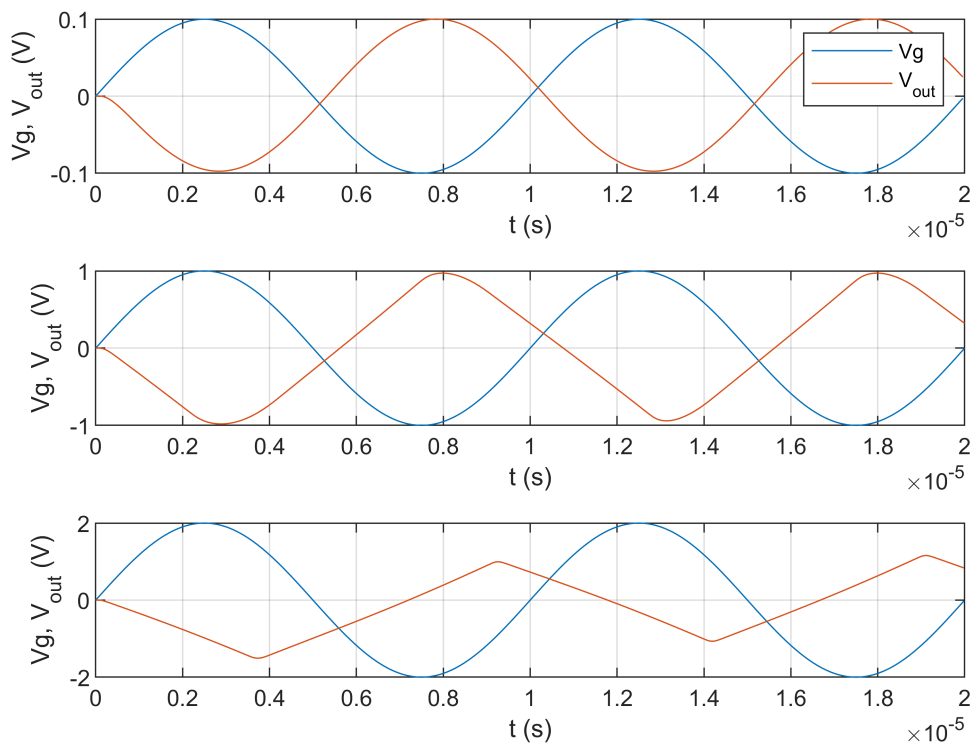
```

Si on souhaite visualiser les tensions 'vg' et 'out' :

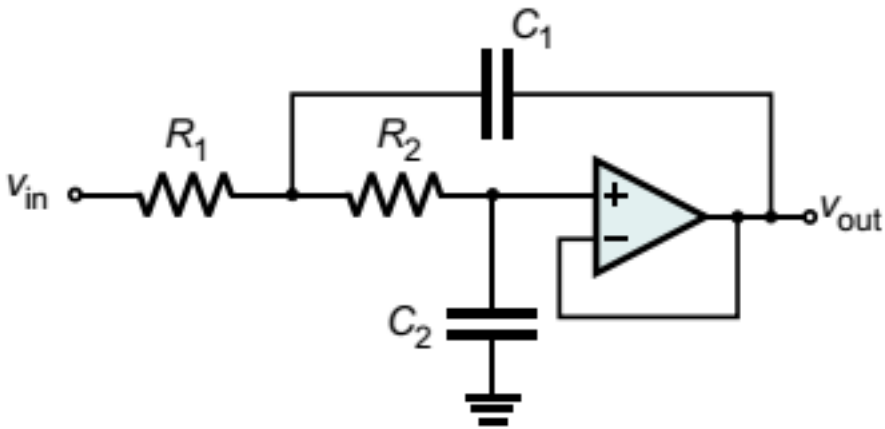
```

figure
subplot(3,1,1);plot(sim1.t,sim1.X_t(sim1.probe_id,:));xlabel('t (s)');ylabel('Vg, V_{out} (V)');
subplot(3,1,2);plot(sim2.t,sim2.X_t(sim2.probe_id,:));xlabel('t (s)');ylabel('Vg, V_{out} (V)');
subplot(3,1,3);plot(sim3.t,sim3.X_t(sim3.probe_id,:));xlabel('t (s)');ylabel('Vg, V_{out} (V)');

```



Amplificateur Opérationnel : uA741 : Filtre Passe Bas Salen-Key



```
netlist={
    %Amplificateur Opérationnel uA741
    uA741('e+', 'out', 'out')
    %% Circuit
    'R1 vg A 1000'
    'R2 A e+ 1000'
    'C1 A out 63.6e-9'
    'C2 e+ 0 3.97e-9'
    'V1 vg 0 sin(f=10000 a=1 off=0)'

    '.tran tstop=4e-4 dtmax=1e-4 initTRAN=OP'
    '.probe vg out'

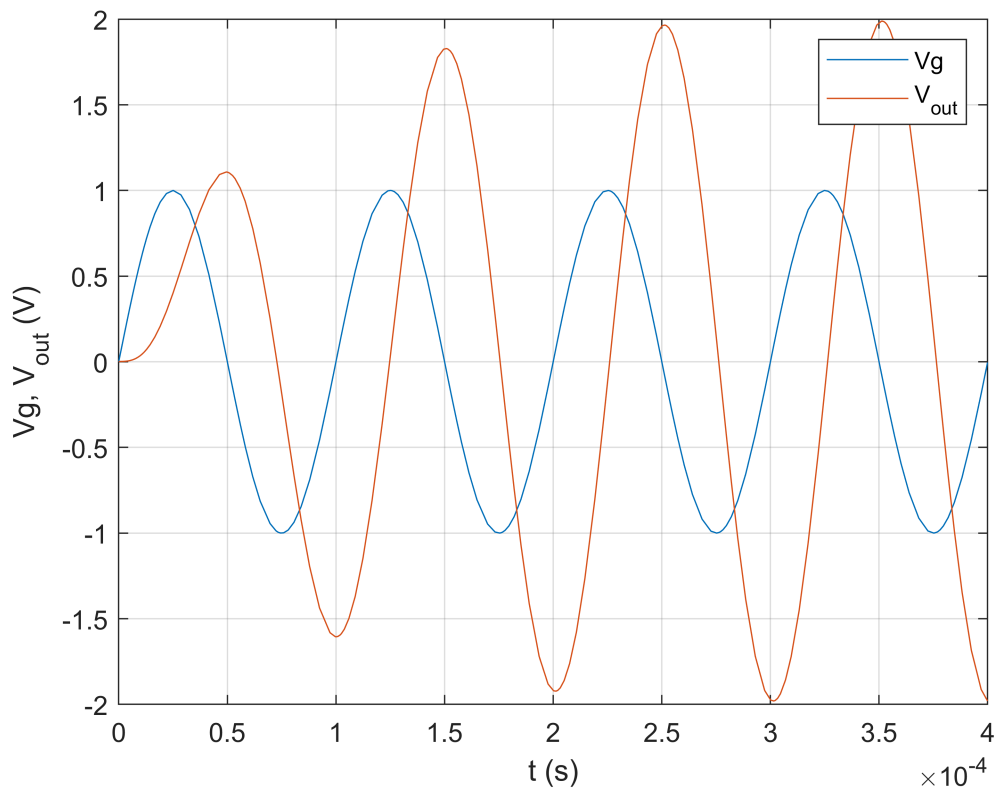
};
sim=uacs(netlist);
```

Analog Circuit Simulator v2 (c)Frederic Martinez
 max time steps =200000 TolR=0.001 TolA=1e-12 TolR_NR=0.01 TolA_NR=1e-12 maxIterNR=5000 dt_max=0.0001, dt_min=1e-09
 16 Resistor(s), 0 Inductor(s), 6 Capacitor(s), 5 Diode(s), 3 Current Source(s), 10 Voltage Source(s) 22 electrical r
 Transient Simulation, t0=0, tmax=0.00039999, with Trapezoidal dicretization and automatic time step control.
 Solution initiale @ t=0 // Solution initiale = OP
 [ok]

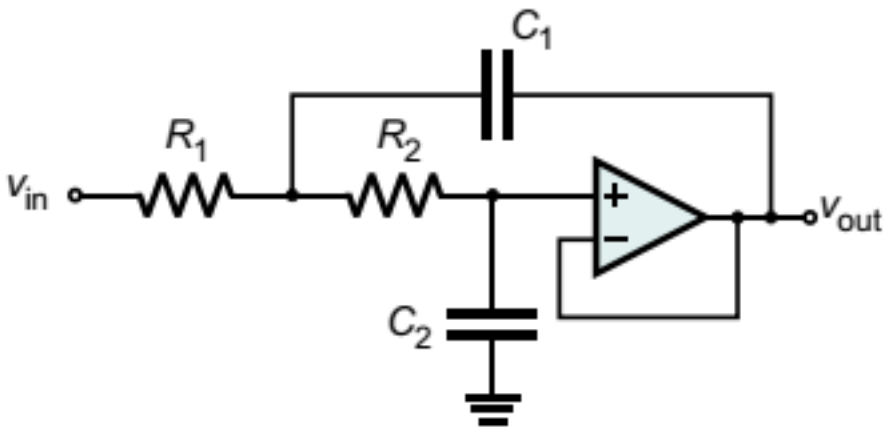
360 time steps computed in 0.904487 seconds.

Si on souhaite visualiser les tensions 'vg' et 'out' :

```
figure
plot(sim.t,sim.X_t(sim.probe_id,:));xlabel('t (s)');ylabel('Vg, V_{out} (V)');legend('Vg','V_{out}')
```



Amplificateur Opérationnel : uA741 : Filtre Passe Bas Salen-Key, réponse à un échelon



```
netlist={
  %Amplificateur Opérationnel uA741
  uA741('e+', 'out', 'out')
  %% Circuit
  'R1 vg A 1000'
  'R2 A e+ 1000'
  'C1 A out 63.6e-9'
  'C2 e+ 0 3.97e-9'

  'V1 vg 0 1'
```

```

'.tran tstop=4e-4 dtmax=1e-4 initTRAN=CI'
'.probe vg out'

```

```

};
sim=uacs(netlist);

```

Analog Circuit Simulator v2 (c)Frederic Martinez

max time steps =200000 TolR=0.001 TolA=1e-12 TolR_NR=0.01 TolA_NR=1e-12 maxIterNR=5000 dt_max=0.0001, dt_min=1e-09
 16 Resistor(s), 0 Inductor(s), 6 Capacitor(s), 5 Diode(s), 3 Current Source(s), 10 Voltage Source(s) 22 electrical n
 Transient Simulation, t0=0, tmax=0.00039999, with Trapezoidal discretization and automatic time step control.
 Solution initiale @ t=0 // Solution initiale Sources à 0 et IC_C IC_L
 [ok]

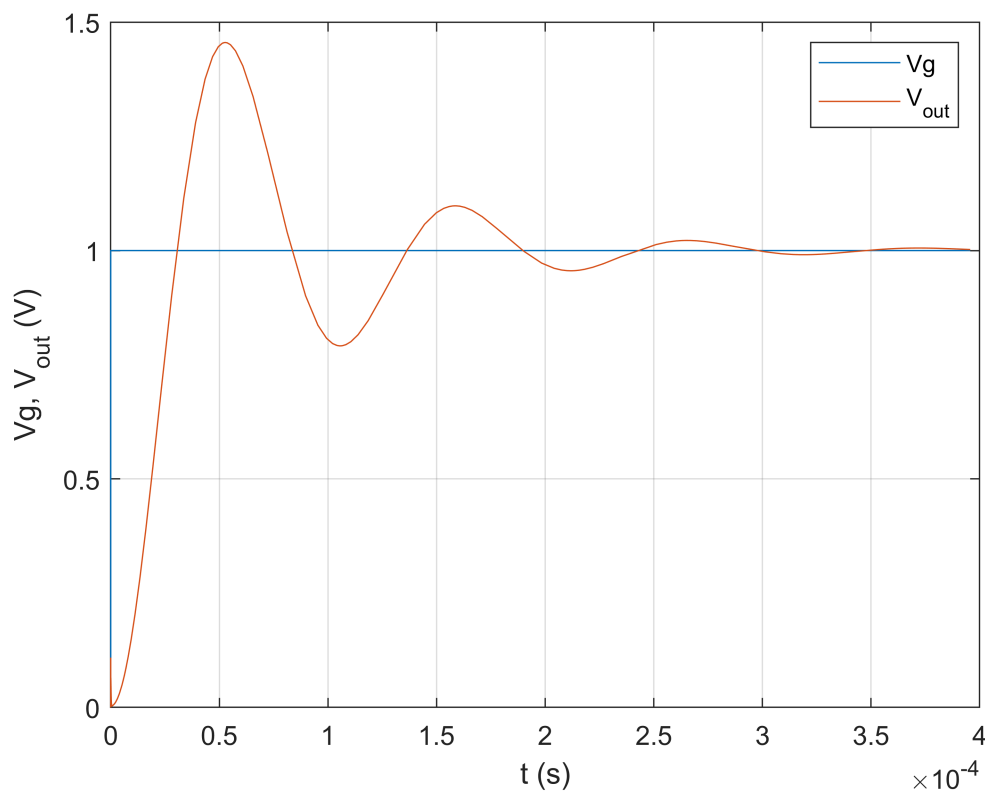
510 time steps computed in 1.82883 seconds.

Si on souhaite visualiser les tensions 'vg' et 'out' :

```

figure
plot(sim.t,sim.X_t(sim.probe_id,:));xlabel('t (s)');ylabel('Vg, V_{out} (V)');legend('Vg','V_{out}')

```



Source de courant pour PT100


```
names: {1x65 cell}
```

```
fprintf('Tension Vout = %g Volts \n',sim.X(sim.probe_id))
```

```
Tension Vout = 0.531639 Volts
```

Avec des amplificateurs opérationnels idéaux, on obtient que $I_{ref}=1$ mA. La tension V_{out} divisée par 1mA donne la valeur de la résistance de la RTD, et donc de la température avec $R_{rtd}=100(1+0.00385 T)$. Le modèle de l'AOP UA741 dans uacs prend en compte la tension d'offset et les courants d'entrée (courants de polarisation), ceci introduit un écart sur le courant I_{ref} traversant la RTD.

```
Ttheo=0;Rtheo=100*(1+.00385*Ttheo)
```

```
Rtheo = 100
```

```
Rmes=sim.X(sim.probe_id)/1e-3;
```

```
fprintf('Résistance mesurée : %g ohms, erreur relative %2.3f %% par rapport à la valeur théorique
```

```
Résistance mesurée : 531.639 ohms, erreur relative 431.639 % par rapport à la valeur théorique 100 ohms
```

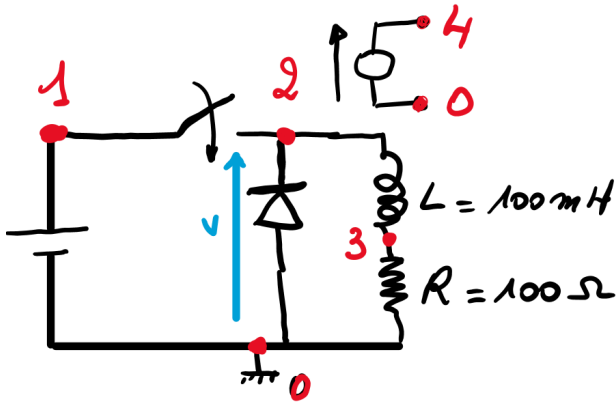
```
Tmes=(Rmes/100-1)/0.00385;
```

```
fprintf('Temperature mesurée %g °C , valeur théorique %g °C\n',Tmes,Ttheo)
```

```
Temperature mesurée 1121.14 °C , valeur théorique 0 °C
```

Electronique de puissance

Electronique de puissance - Hacheur Série



L'interrupteur commandé S est inséré entre 1 et 2. Il est commandé par la tension $v_c=v(4)-v(0)$. Si $v_c=0$, l'interrupteur est équivalent à $1e6$ ohms, si $v_c>0.5$ il est équivalent à 1 ohm.

```
netlist={
    'L1 2 3 100e-3'
    'R1 3 0 100'
    'D1 0 2 1N4001'
    '.model D 1N4001 (IS1=14.11e-9 n1=1.984)' % General rectifier diode 1N4001
    'S1 1 2 4 0 1e6 1' % interrupteur commandé
    'V1 1 0 10'
    'V2 4 0 @(t) double(sin(2*pi*1e3*t)>0)' % générateur de commande de l'interrupteur commandé
    '.tran tstop=5e-3 dtmax=1e-5 initTRAN=CI'
};
```

```
sim=uacs(netlist)
```

Analog Circuit Simulator v2 (c)Frederic Martinez

max time steps =200000 TolR=0.001 TolA=1e-12 TolR_NR=0.01 TolA_NR=1e-12 maxIterNR=5000 dt_max=1e-05, dt_min=1e-09
1 Resistor(s), 1 Inductor(s), 0 Capacitor(s), 1 Diode(s), 0 Current Source(s), 2 Voltage Source(s) 4 electrical nodes
Transient Simulation, t0=0, tmax=0.00499987, with Trapezoidal discretization and automatic time step control.
Solution initiale @ t=0 // Solution initiale Sources à 0 et IC_C IC_L
[ok]

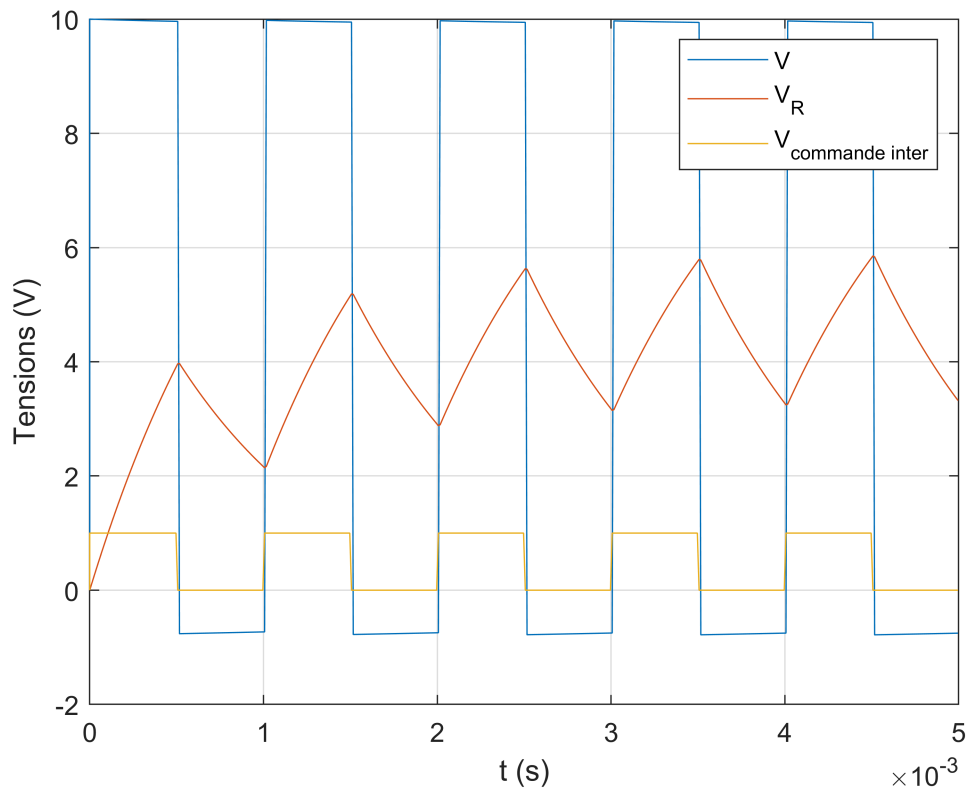
517 time steps computed in 0.408471 seconds.

sim = struct with fields:

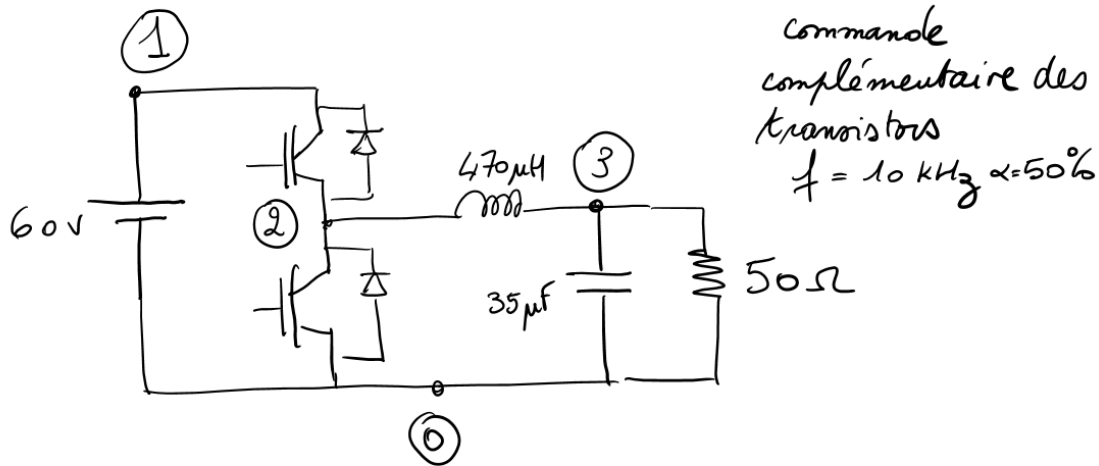
```
    X_t: [6x517 double]
      t: [1x517 double]
    in: [1x1 struct]
out_parser: [1x1 struct]
probe_name: {}
probe_id: []
names: {'V(1)' 'V(2)' 'V(3)' 'V(4)' 'I(V1)' 'I(V2)'}

```

```
plot(sim.t,sim.X_t([2 3 4],:))
xlabel('t (s)');ylabel('Tensions (V)');legend('V','V_R','V_{commande inter}');grid
```



Electronique de puissance Hacheur 2 Quadrants



```
netlist={
    'L1 2 3 470e-6 IC=0.6'
    'R1 3 0 50'
    'D1 0 2 1N4001'
    'D2 2 1 1N4001'
    'C1 3 0 35e-6 IC=30'
    '.model D 1N4001 (IS1=14.11e-9 n1=1.984)' % General rectifier diode 1N4001
    'S1 1 2 4 0 1e7 .1' % interrupteur commandé
    'S2 2 0 4 0 .1 1e7' % interrupteur commandé
    'V1 1 0 60'
    'V2 4 0 @(t) (sin(2*pi*10e3*t)>0)' % générateur de commande des interrupteurs commandés
    '.tran tstop=50e-4 dtmax=1e-6 initTRAN=CI'
};
sim=uacs(netlist)
```

Analog Circuit Simulator v2 (c)Frederic Martinez
 max time steps =200000 TolR=0.001 TolA=1e-12 TolR_NR=0.01 TolA_NR=1e-12 maxIterNR=5000 dt_max=1e-06, dt_min=1e-09
 1 Resistor(s), 1 Inductor(s), 1 Capacitor(s), 2 Diode(s), 0 Current Source(s), 2 Voltage Source(s) 4 electrical nodes
 Transient Simulation, t0=0, tmax=0.00499987, with Trapezoidal discretization and automatic time step control.
 Solution initiale @ t=0 // Solution initiale Sources à 0 et IC_C IC_L
 [ok]

5264 time steps computed in 20.3795 seconds.

sim = struct with fields:

```
    X_t: [6x5264 double]
    t: [1x5264 double]
    in: [1x1 struct]
    out_parser: [1x1 struct]
    probe_name: {}
    probe_id: []
    names: {'V(1)' 'V(2)' 'V(3)' 'V(4)' 'I(V1)' 'I(V2)'}
```

```
subplot(2,1,1)
plot(sim.t,sim.X_t(2:3,:))
xlabel('t (s)');ylabel('Tensions (V)');legend('V_2','V_3');grid
subplot(2,1,2)
plot(sim.t,sim.X_t(4,:))
xlabel('t (s)');ylabel('Tensions (V)');legend('V_{commande inter}');grid
```

