

Récupération d'énergie par un système podoélectrique

Thème : jeu et sport

Problématique : Comment alimenter une salle de musculation grâce aux impacts au sol ?

Sommaire

- Présentation des enjeux
- Présentation d'un système inductif
- Présentation un système hydraulique
- Présentation d'une méthode de redressement du signal
- Conclusion

Enjeux



Superficie moyenne : 1500 m^2

Fréquentation : environ 1000 *personne/jour*

Pas moyen durant une séance d'environ 1h:
1000 *pas/seance*



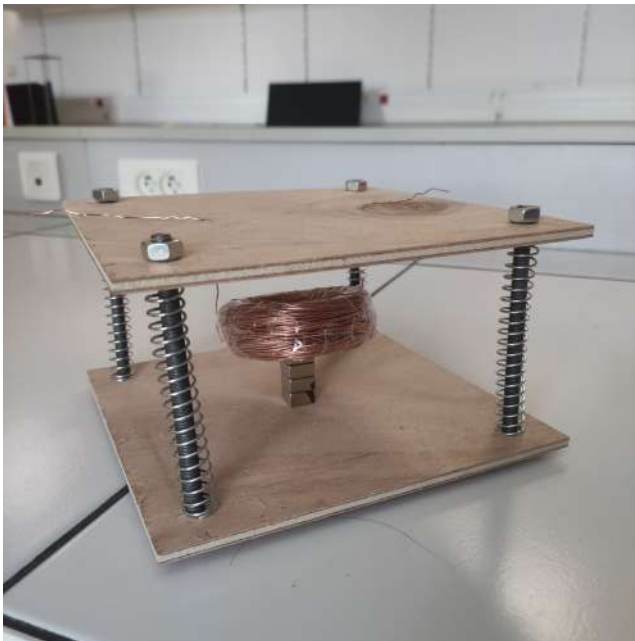
Système inductif

Système
hydraulique

Redressement
du signal

Conclusions

Système inductif utilisé

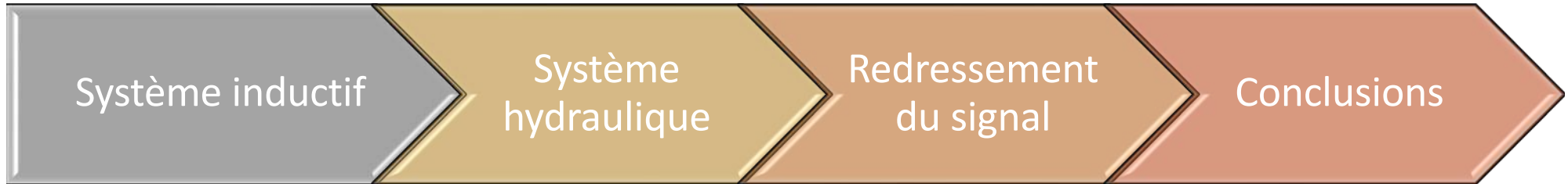


Paramètres de l'aimant :
hauteur : 9 cm
largeur : 1,5 cm
profondeur : 1,5 cm



Paramètres de la bobine :
rayon : 1,8 cm
hauteur : 7 mm
nombre de spires : environ 80

Paramètres des ressorts :
longueur au repos : 10,2 cm
constante de raideur : $815 \pm 22 \text{ N.m}^{-1}$



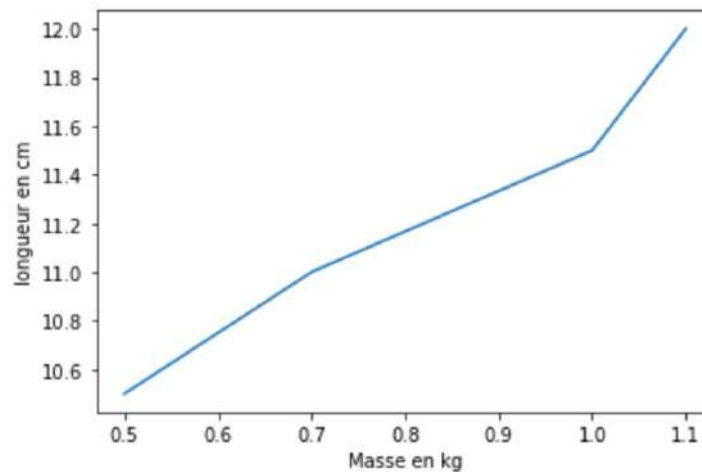
Mesure de la constante de raideur du ressort utilisé

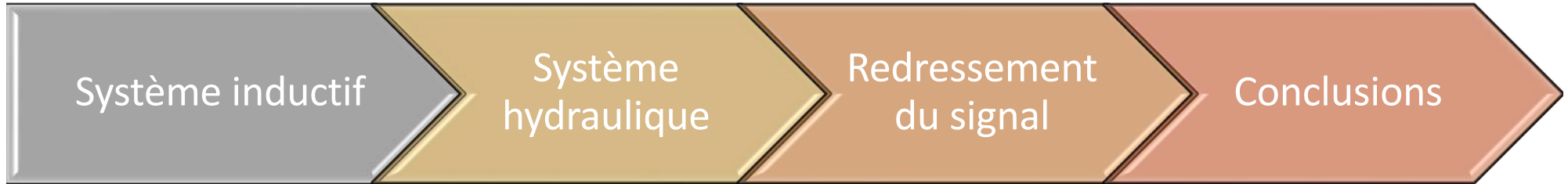
On a, à l'équilibre :

$$m\vec{g} = k(l - l_0)\vec{u}_z \quad \text{donc} \quad k = \frac{gm}{l_0 - l}$$

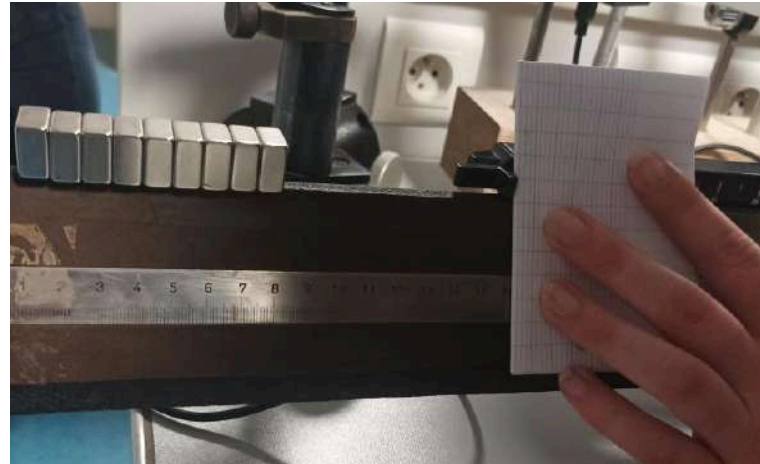
On obtient $k = 815 \pm 22 \text{ N.m}^{-1}$

Longueur à vide : $l_0 = 10,2 \text{ cm}$





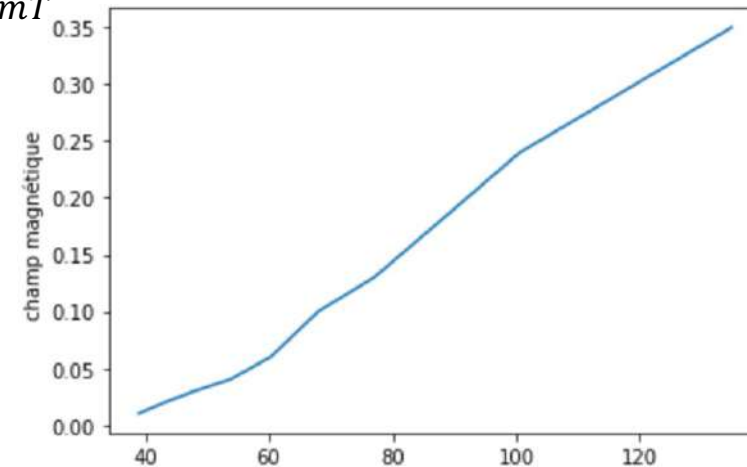
Mesure du moment magnétique de l'aimant utilisé



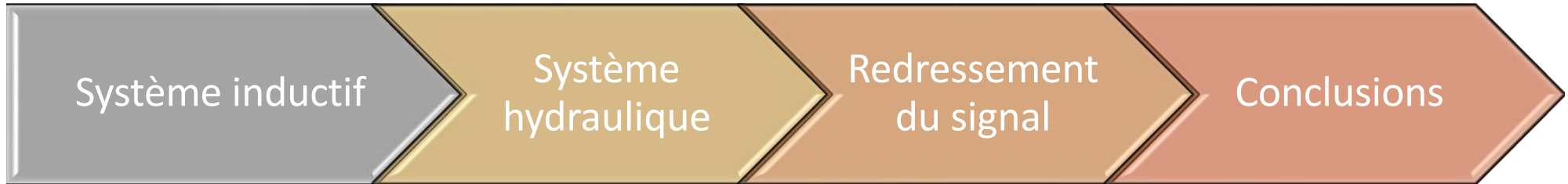
$$B = \frac{\mu_0 M}{2\pi r^3} \quad \text{d'où on déduit } M = \frac{2B\pi r^3}{\mu_0}$$

On obtient $M = 1,9 \pm 0,9 \text{ A.m}^2$

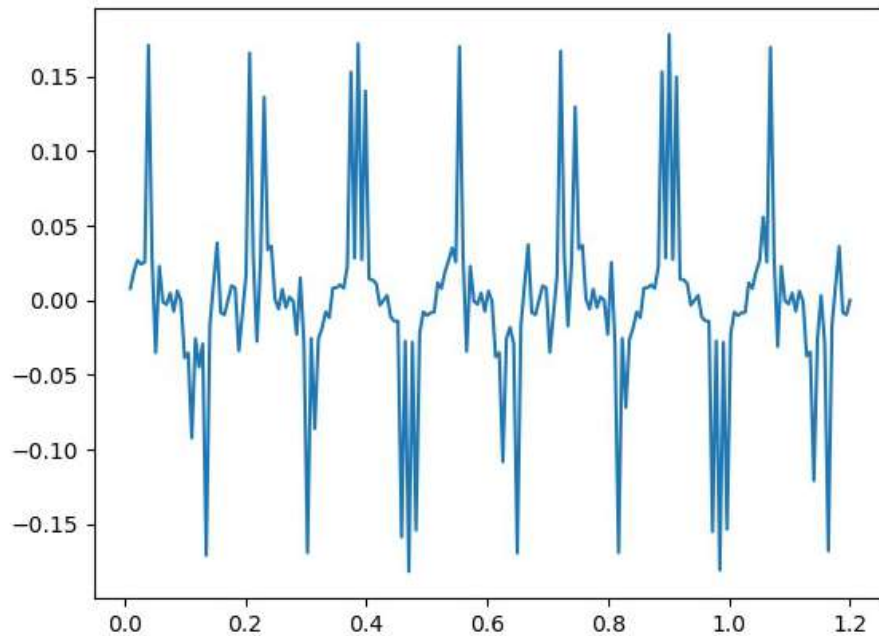
En mT



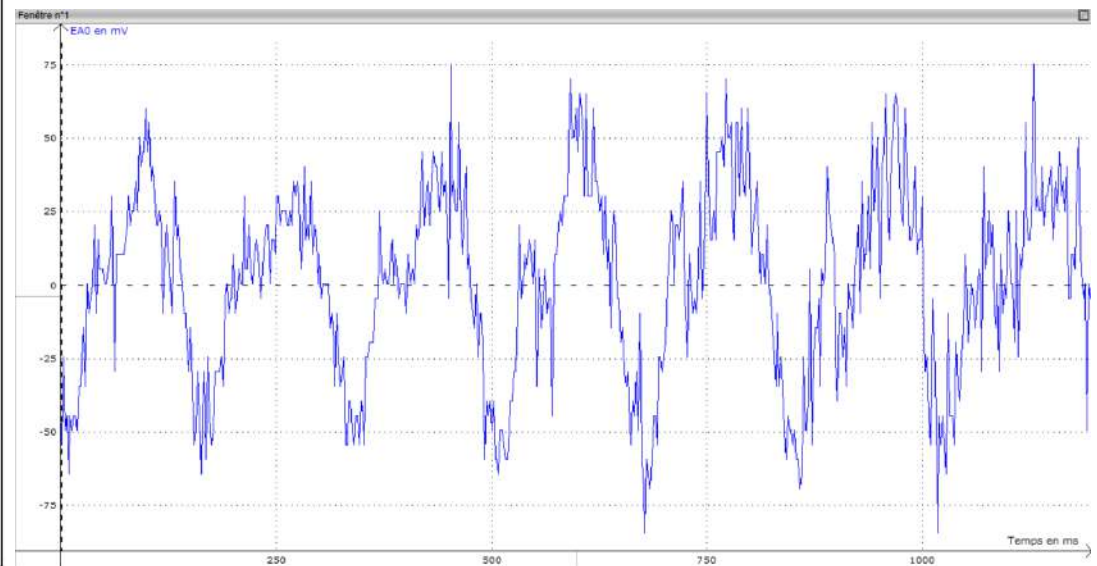
$\frac{1}{r^3}$ en m^{-3}



Signal prévu informatiquement



Signal expérimental



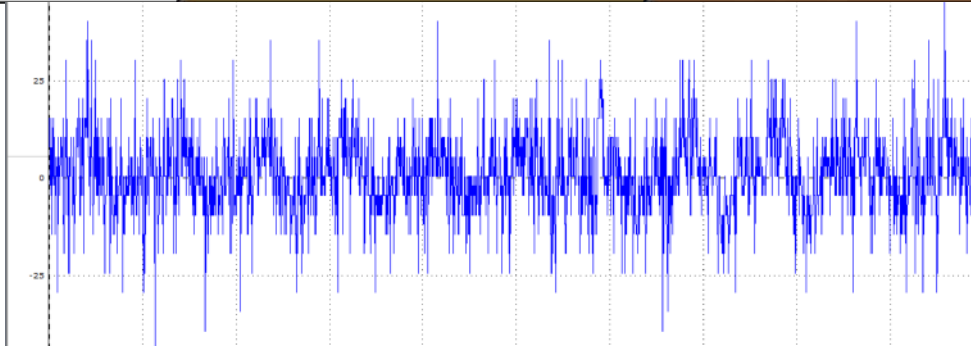
Pour $f = 5,8 \text{ Hz}$

Système inductif

Système
hydraulique

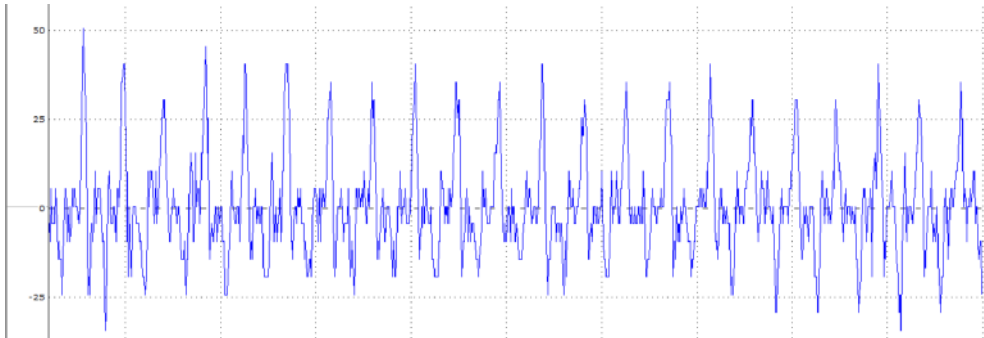
Redressement
du signal

Conclusions



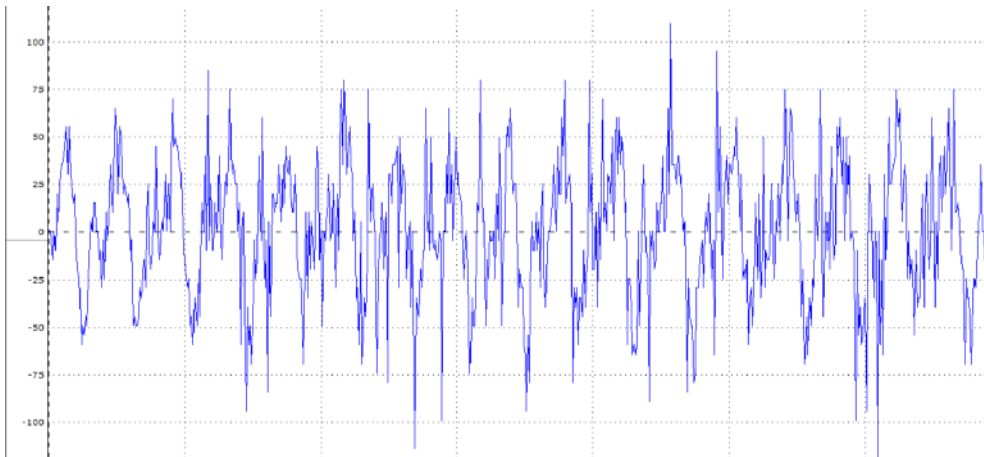
$$f = 1,2 \text{ Hz}$$

$$U_{max} = 35 \text{ mV}$$



$$f = 2,2 \text{ Hz}$$

$$U_{max} = 50 \text{ mV}$$



$$f = 6 \text{ Hz}$$

$$U_{max} = 85 \text{ mV}$$

Système inductif

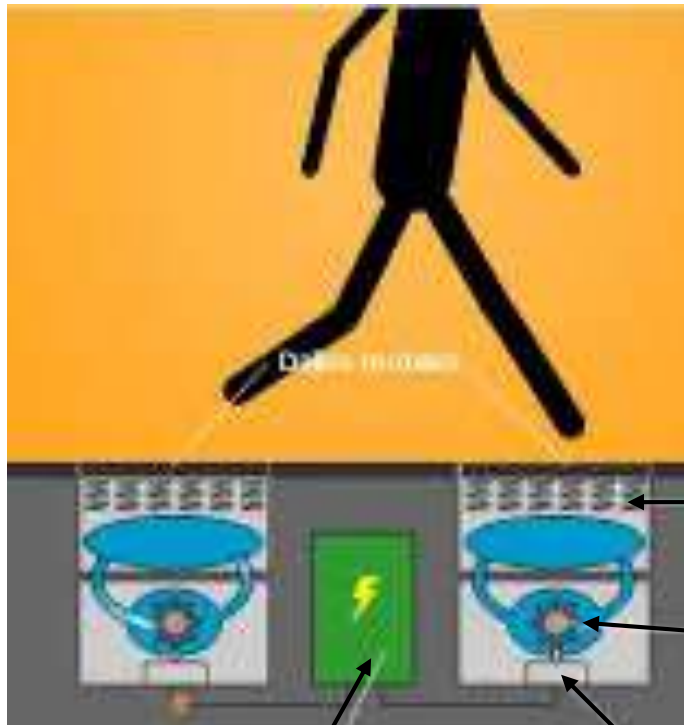
Système
hydraulique

Redressement
du signal

Conclusions

Système hydraulique utilisé





Stockage dans une batterie



Pression exercée
sur un réservoir
rempli de liquide

Turbine actionnée par le
passage
Du liquide

Production d'électricité

Système inductif

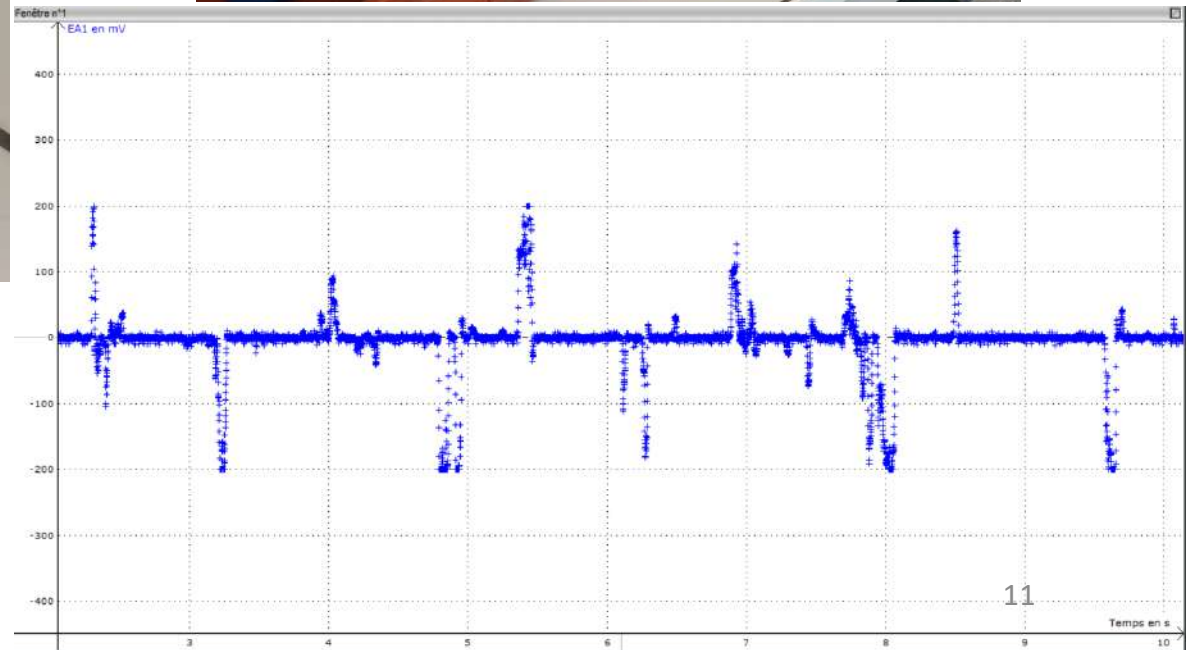
Système
hydraulique

Redressement
du signal

Conclusions



Système inductif : $U \approx 60 \text{ mV}$
Système hydraulique : $U \approx 200 \text{ mV}$





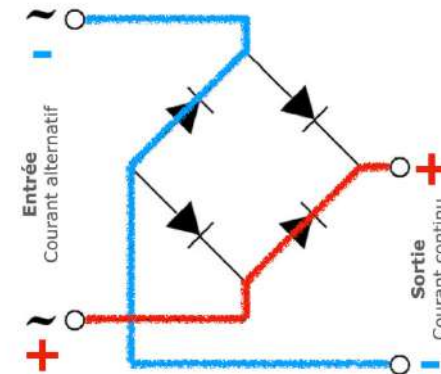
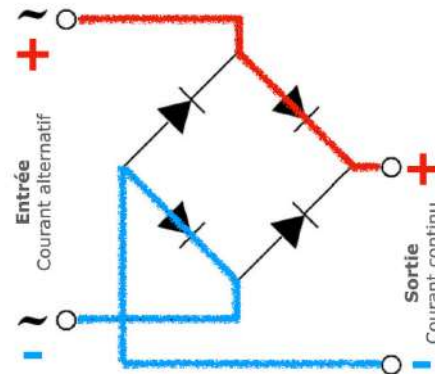
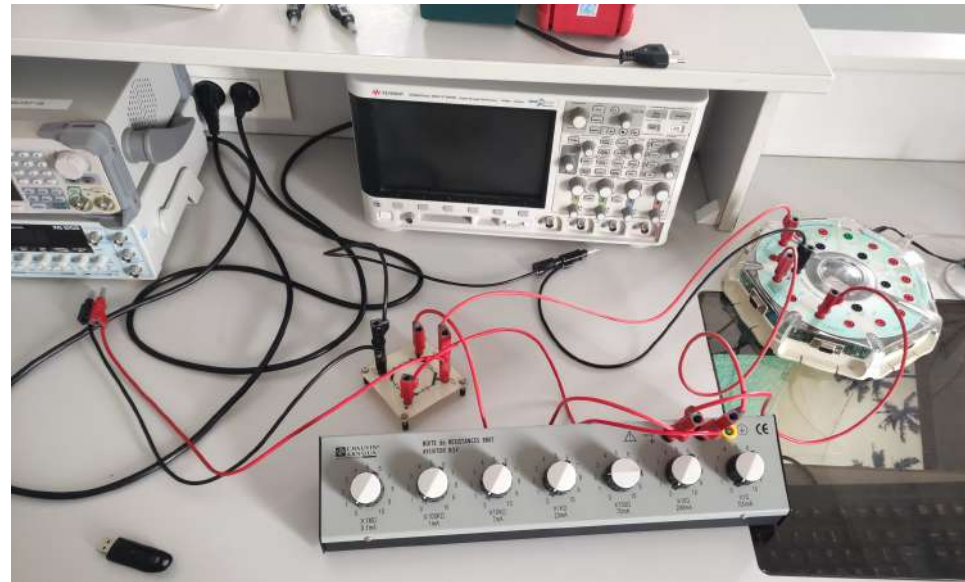
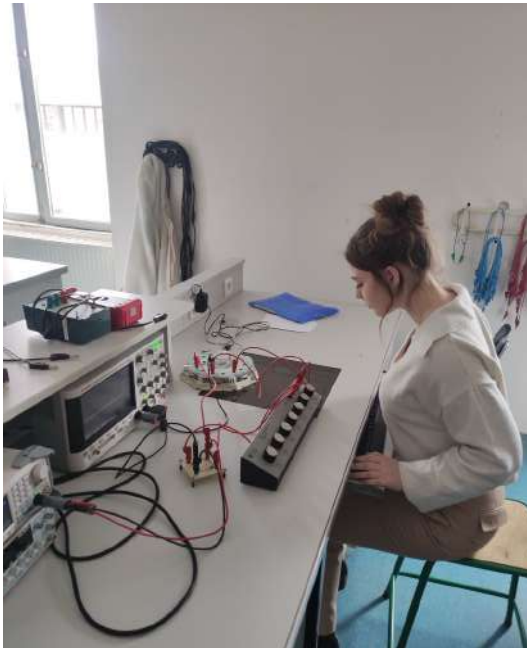
Masse (kg)	Temps (s)
6,75	2,98
7,5	2,5
8,25	2,52
9,0	2,53
9,75	2,48
10,5	2,41
11,25	2,24

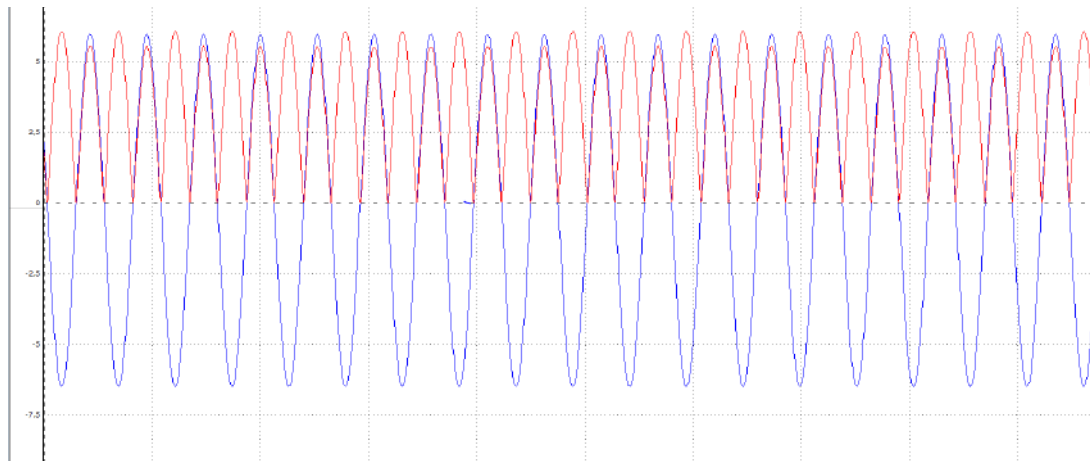
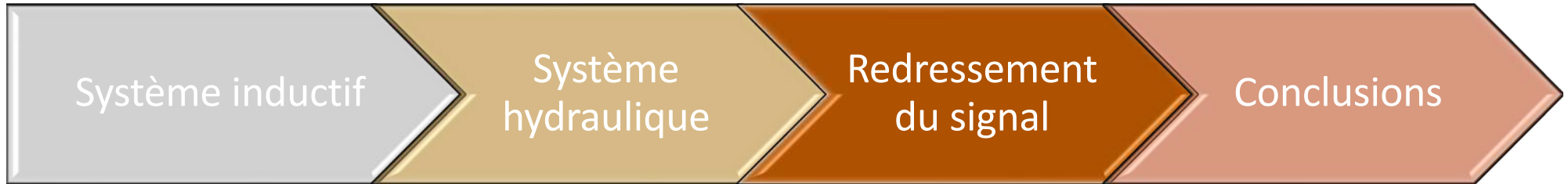
Système inductif

Système
hydraulique

Redressement
du signal

Conclusions





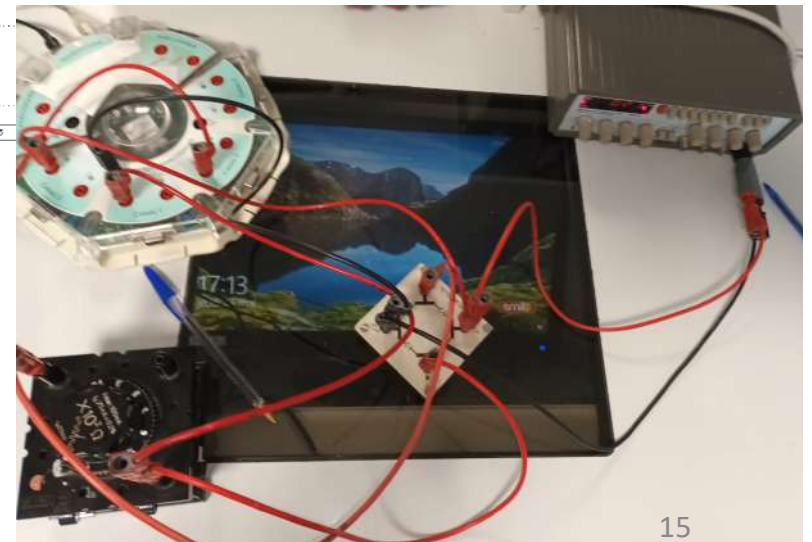
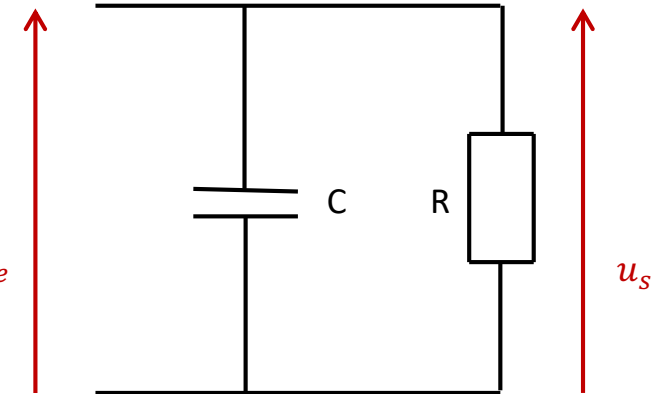
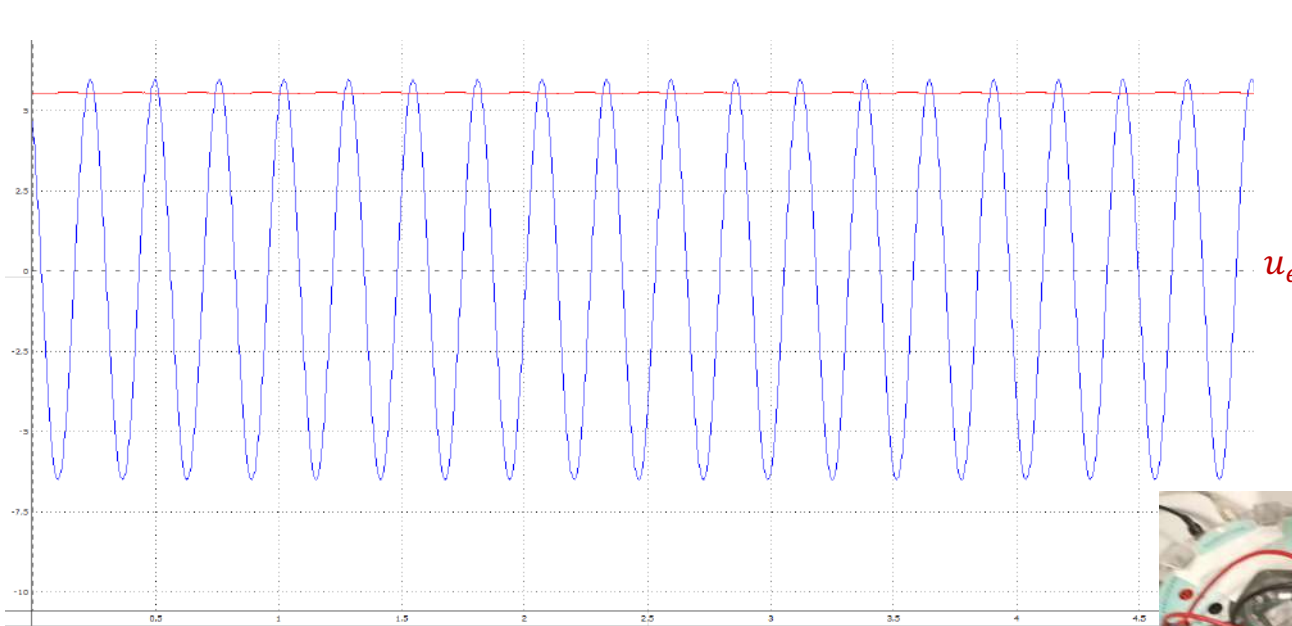
$u_{\text{envoyé}}$ en V	$u_{\text{reçu}}$ en V	<i>atténuation</i> En V
8,29	6,74	1,55
6,27	4,85	1,42
4,3	2,9	1,4
4	2,5	1,5
3	1,75	1,25
2,26	0,96	1,3
1,46	0,24	1,22
1,22	0,11	1,11
1	0,017	0,98
0,75	0	

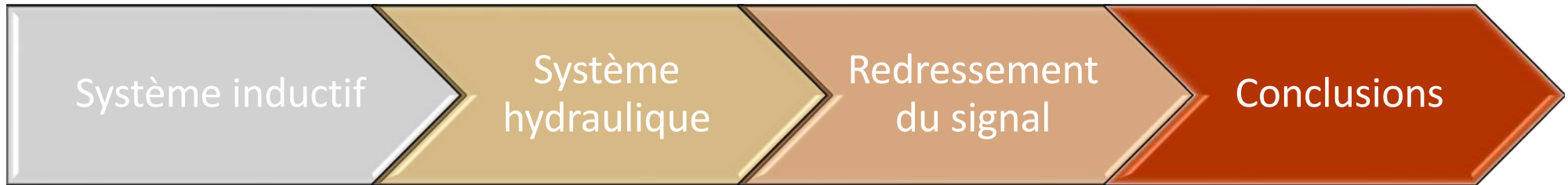
Système inductif

Système
hydraulique

Redressement
du signal

Conclusions





	Avantages	Inconvénients
Système inductif	<ul style="list-style-type: none">- Peu volumineux- Durable dans le temps	<ul style="list-style-type: none">- Tension générée faible
Système hydraulique	<ul style="list-style-type: none">- Tension générée plus importante	<ul style="list-style-type: none">- Sensible à la rouille- Volumineux

Annexe 1

```
1 m=[1.1,1,0.7,0.5]
2 l=[12,11.5,11,10.5]
3
4
5 plt.plot(m,l)
6 plt.xlabel("Masse en kg")
7 plt.ylabel("longueur en cm")
8 plt.show()
```

Annexe 2

```
1 import numpy as np
2 import matplotlib.pyplot as plt
3
4 r = [0.195, 0.215, 0.225, 0.235, 0.245, 0.255, 0.265, 0.275, 0.285,
5 B = [0.35, 0.24, 0.18, 0.13, 0.1, 0.06, 0.04, 0.03, 0.02, 0.01]
6
7 r3 = [1/r[i]**3 for i in range (len(r))]
8
9 plt.plot(r3,B)
10 plt.xlabel("1/r3")
11 plt.ylabel("champ magnétique ")
12 plt.show()
```

Annexe 3

```
1 from scipy.integrate import quad
2 from scipy.integrate import dblquad
3 from scipy.misc import derivative
4 from math import*
5 import numpy as np
6 import matplotlib.pyplot as plt
7
8 a = 0.015 #côté de l'aimant
9 b = 0.018 #rayon de la bobine
10 h = 0.09 #hauteur de l'aimant
11 M = 7*10**3 #moment magnétique
12 mu0 = 4* np.pi * (10**(-7))
13 h_bob = 0.07 # hauteur de la bobine
14 N = 400 # Nombre de spires
15
16 def U(z, dz):
17     """
18     Renvoie la tension totale recu lorsque le bas de la bobine est à l'altitude z // sol
19     """
20     #le scalaire z est la position du bas de la bobine par rapport au sol
21     v = dz # vitesse de l'aimant par rapport à la bobine
22
23     def Bz(u, v, w):
24         """
25         Renvoie le champ B selon z en un point de coordonnee (u, v, w)
26         avec l'origine du repère au centre de l'aimant avec les axes parallèles x et y à aux cotés
27         et z = 0 au sol avec le bas de l'aimant posé au sol.
28         """
29         ax = -a/2
30         bx = a/2
31         ay = -a/2
32         by = a/2
33
34         def Hz(x, y):
35             """
36             Renvoie l'intégrande de l'intégrale définissant l'excitation magnétique H projeté sur l'axe z
37             """
38             if x!= u or y!=v :
39                 return -((w)/(((u-x)**2+(v-y)**2+(w)**2)**1.5))*(M/(4*3.14)) + ((w-h)/(((u-x)**2+(v-y)**2+(w-h)**2)**1.5))*(M/(4*3.14))
40             else :
41                 return 1
42
43
```

Annexe 3

```
44 res3 = 0 # res3 est la valeur de Hz en (u, v, w)
45 for i in range(10):
46     for j in range(10):
47         res3+= Hz(ax+(i/10)*a,ay+(j/10)*a)*((a**2)/(10**2))
48
49 if abs(u) < a/2 and abs(v) < a/2 and w < h:
50     Bz = mu0 * (res3 + M) # le point (u, v, w) est dans l'aimant
51 else:
52     Bz = mu0 * res3 # le point (u, v, w) n'est pas dans l'aimant
53 return Bz
54
55 def cercle(x, y):
56     """
57     C',est l'indicatrice du cercle de rayon b (cercle = 1 spire)
58     """
59     if x**2 + y**2 < b**2:
60         return 1
61     else:
62         return 0
63
64 def flux(u):
65     """
66     Renvoie le flux reçu par la spire à l'altitude u par rapport au sol
67     """
68     ax = -b
69     bx = b
70     ay = -b
71     by = b
72     def function(x, y):
73         return Bz(x, y, u)*cercle(x, y)
74     phi =0
75
76     for i in range(10):
77         for j in range(10):
78             phi += function((i/10)*bx,(j/10)*by)*(bx/10)**2
79     return 4*phi
80
81 def ed(u):
82     """
83     Renvoie force électromotrice reçu par la spire à l'altitude u par rapport au sol
84     """
85     return (- derivative(flux, u, dx=v*dt)*v)
86
```


Annexe 3

```
87     somme = 0
88     for i in range(10):
89         somme += (N/10)*ed(z + (i*h_bob/9)) # on somme toutes les forces electromotrice entre le bas de la bobine et le haut
90     print(somme)
91     return somme
92
93
94
95 def affichage(n):
96     """
97     Affiche le graphe de la tension en fonction de t
98     """
99     omega = 2*np.pi*5.83333
100    t=np.linspace(0.01,1.20,n)
101    def yf(s):
102        """
103        Renvoie la position du bas de la bobine au temps t
104        """
105        return (h/2)*(1 - np.cos(omega*s)) + 0.01
106    y = yf(t) # une liste de positions du bas de la bobine à plusieurs instants t
107    dy = (h/2)*omega*np.sin(omega*t) # pareil pour la dérivée
108    tension = [U(y[j], dy[j],0.43/n ) for j in range(n)]
109    plt.plot(t,tension)
110    plt.show()
111    return ()
112
113
114
115 affichage(200)
```

Annexe 3

Def $U(z,dz,dt)$: « tension totale »

def $B_z(u,v,w)$: « composante selon z de $\vec{B}(P(u, v, w))$ »
def $H_z(x,y)$: « terme dans l'intégrale
définissant $\vec{H}(p(x, y))$ projeté sur Oz »

def $cercle(x,y)$: « fonction indicatrice du
cercle du rayon de la bobine de
centre O »

def $flux(u)$: « flux de B à travers une spire à l'altitude u »
def $function(x,y)$: $cercle(x,y) * B_z(x,y,u)$

def $ed(u)$: « fem reçu par une spire à l'altitude u »

Annexe 4

Définition de l'excitation magnétique : $\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_0} - \vec{M}$

Analogie avec le champ électrostatique :

\vec{H}	\vec{E}
$\overrightarrow{\text{rot}}\vec{H} = \vec{0}$	$\overrightarrow{\text{rot}}\vec{E}$
$\text{div}\vec{H} = -\text{div}\vec{M}$	$\text{div}\vec{E} = -\frac{\rho}{\epsilon_0}$

Alors

$$\vec{H}(P) = \oint_S \frac{1}{4\pi} \frac{\overrightarrow{OP}}{\|\overrightarrow{OP}\|^3} \vec{M} \cdot d\vec{S}$$