

# Notions de capteurs, applications ...

## 1°) Introduction

On peut aborder ce TP de plusieurs manières:

- Choisir un seul type de phénomène (ex: lumière électricité) et développer toutes les applications.
- Choisir plusieurs capteurs de même type et comparer les performances.
- Montrer plusieurs capteurs pour montrer une sorte de maîtrise de l'environnement par la physique.

Instinctivement, j'opte pour la 3ème solution mais cela reste un choix personnel tout à fait discutable. Il nous reste à choisir les bons capteurs pour décrire le plus de possibilités possibles.

## 2°) Un capteur nouveau: le capteur d'accélération

### 2-1°) Les origines du nouveau phénomène

Nouveau dans le sens « à la mode ». De plus en plus de professeur de mathématiques, physique-Chimie et Sciences de la vie et de la terre utilise la Wiimote pour quelques expériences et surtout pour l'utilisation d'un contrôle à distance des programmes de l'ordinateur par le biais d'un « stylet » infrarouge dont le signal est détecté par la Wiimote.

L'intérêt est évident: l'élève connaît la console de jeu et se demande d'emblée ce que le professeur peut bien faire d'intéressant... Il devient curieux et apprécie le cours qui se fait face à lui, avec le vidéo projecteur et ce fameux « stylet » qui commande tout le système informatique à 10 mètres de là.

Ici, nous utiliserons seulement le signal numérique délivré par la manette.

Le matériel est simple à obtenir :

1 Wiimote (40€)

1 clé USB Bluetooth (20 €)

1 logiciel d'acquisition de données (en freeware sur le net)

1 logiciel de traitement de l'information (déjà sur les machine de physique en général)

### 2-2°) Configuration de l'ordinateur et de la Wiimote

Si vous allez à l'oral, vous n'aurez pas à faire cette manipulation.. On va considérer qu'à Paris, le système existe et il est prêt à fonctionner pour les candidats. Votre liste de matériel comporte donc seulement la Wiimote et un ordinateur configuré pour l'acquisition et le traitements de données par liaison Bluetooth.

S'ils n'ont pas ça, tant pis... Ils connaissent le système et savent que ça devient urgent de s'équiper.

Un coup d'œil sur la toile nous montre que les académies de Strasbourg et d'Angers sont en avance sur nous dans ce domaine. Il est donc fort probable que le matériel soit fourni par les académies sus-citées.

Les liens et sites ci-dessous vous indiqueront la procédure de connexion:

<http://pedagogie.ac-montpellier.fr:8080/disciplines/svt/spip/spip.php?article191>

[http://ead.univ-angers.fr/%7Ecapespce/index.php?rubrique=physique&sous\\_rubrique=electricite&page=montage&numero=24](http://ead.univ-angers.fr/%7Ecapespce/index.php?rubrique=physique&sous_rubrique=electricite&page=montage&numero=24)

Les articles joints du BUP explique le fonctionnement du capteur. Noter au passage qu'il vous sera nécessaire de connaître un peu le fonctionnement du capteur d'accélération du type: ADXL 330 de chez analog device.

[http://phymatech.phys-sup.univ-montp2.fr/IMG/pdf/Partie\\_MEMs.pdf](http://phymatech.phys-sup.univ-montp2.fr/IMG/pdf/Partie_MEMs.pdf) (et là dessus, bon courage!!)

## 2-3°) Exemples d'acquisition: chute libre et pendule pesant

Les axes (X'X), (Y'Y), (Z'Z) sont inversés sur ma Wiimote. Il s'agit seulement d'une inversion de connexion au signal...reste à repérer quel est le bon axe.

**A)La chute libre:** avec glove PIE, Ppjoy et Sysmowii (meilleur car les données sont classées en tableau)

t (ms) AX (m/s/s) AY (m/s/s) AZ (m/s/s)

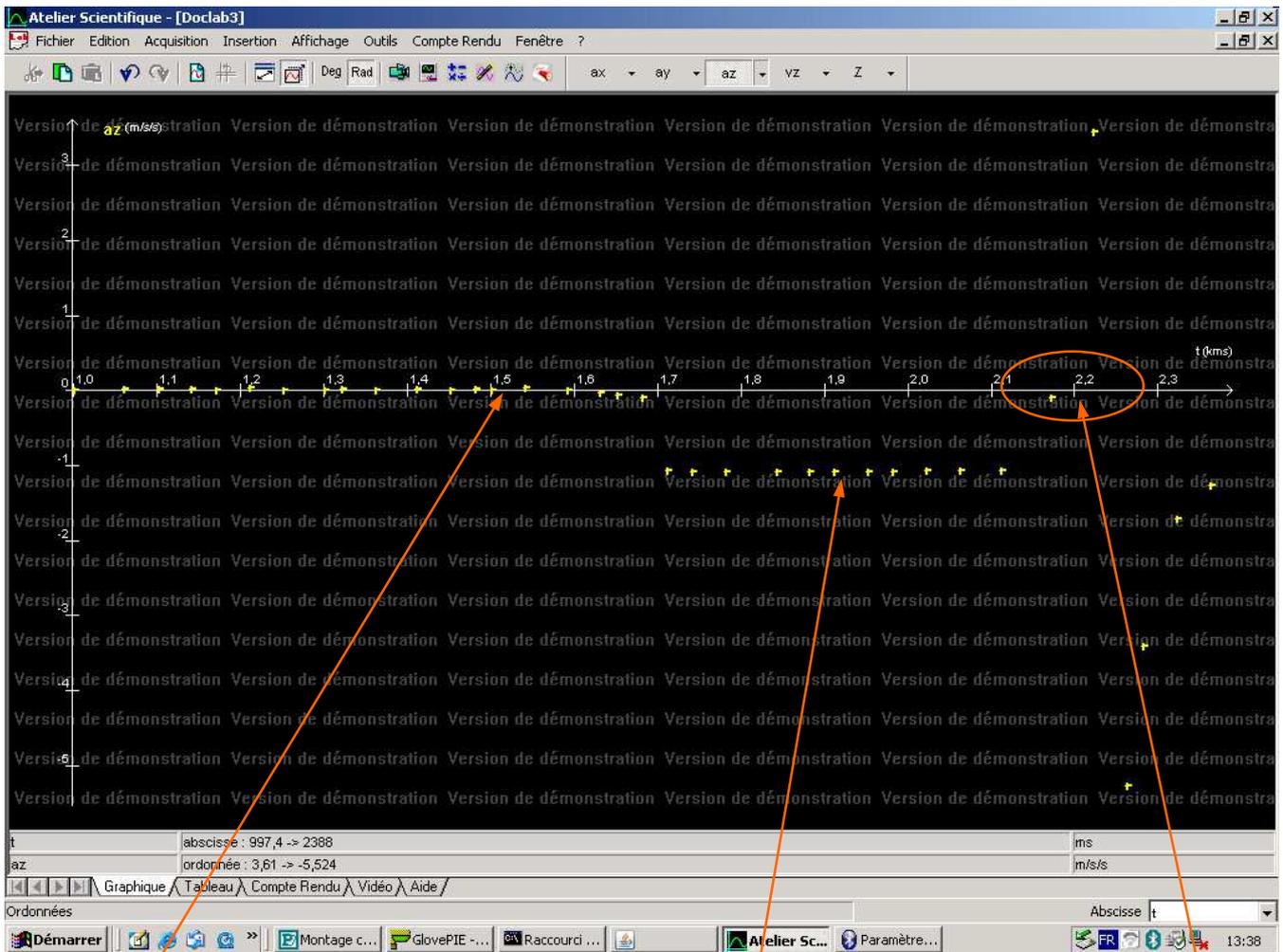
711,000	0,099	-0,085	0,000
741,000	0,110	-0,085	0,021
771,000	0,088	-0,085	0,021
811,000	0,099	-0,085	0,000
851,000	0,088	-0,085	0,021
871,000	0,099	-0,063	0,000
891,000	0,099	-0,085	-0,042
931,000	0,088	-0,085	0,000
961,000	0,121	-0,042	0,021
1001,000	0,099	-0,085	0,000
1061,000	0,099	-0,063	0,021
1102,000	0,099	-0,085	0,021
1142,000	0,088	-0,063	0,021
1172,000	0,110	-0,063	0,000
1212,000	0,099	-0,063	0,042
1252,000	0,110	-0,085	0,000
1302,000	0,088	-0,085	0,000
1322,000	0,099	-0,085	0,021
1362,000	0,077	-0,085	0,000
1412,000	0,099	-0,063	0,021
1452,000	0,099	-0,085	0,000
1482,000	0,099	-0,085	0,021
1502,000	0,077	-0,085	0,000
1542,000	0,077	-0,085	0,042
1592,000	0,077	-0,085	0,000
1632,000	0,066	-0,106	-0,021
1652,000	0,143	-0,042	-0,063
1682,000	0,187	-0,190	-0,085
1712,000	0,066	-0,063	-1,057
1742,000	0,055	-0,063	-1,078
1782,000	0,055	-0,042	-1,078
1843,000	0,033	-0,063	-1,078
1883,000	0,044	-0,063	-1,078
1913,000	0,044	-0,042	-1,078
1953,000	0,055	-0,063	-1,078
1983,000	0,044	-0,042	-1,078
2023,000	0,044	-0,042	-1,057
2063,000	0,055	-0,042	-1,057
2113,000	0,055	-0,063	-1,057
2173,000	0,879	-0,359	-0,085
2223,000	0,560	0,000	3,451
2263,000	-3,560	1,395	-5,261
2283,000	-2,428	0,824	-3,402
2323,000	-0,077	-0,063	-1,711
2363,000	0,066	-0,021	-1,268
2393,000	0,077	-0,042	-1,205
2413,000	0,055	-0,085	-1,226
2443,000	0,055	-0,042	-1,268
2473,000	0,066	-0,063	-1,205
2514,000	0,681	0,000	-2,810
2544,000	0,494	-0,169	-2,578

Remarquez au passage l'acquisition toutes les 30 à 40 ms qui correspond approximativement à la fréquence d'échantillonnage de 35 Hz donnée par le constructeur.

Je n'ai donné ici que les valeurs après t=711 ms car avant cela, la manette est au repos, prête à être lâchée.

Copier les mesures dans Génériss 5+ ou version plus récente en nommant toutes les colonnes.

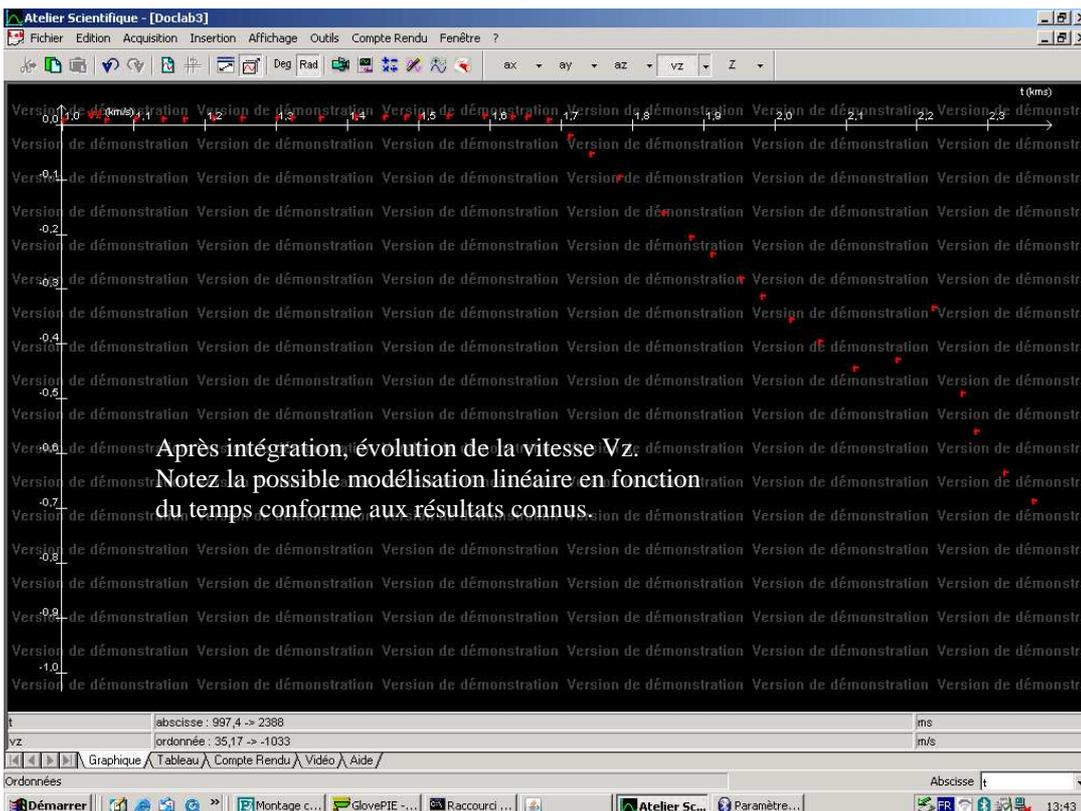
Grd	t	ax	ay	az
Unité	ms	m/s/s	m/s/s	m/s/s
1	0,00E+00	0,000	0,000	0,000
2	1,00E+01	0,110	-0,063	0,000
3	4,00E+01	0,088	-0,085	0,021
4	7,00E+01	0,077	-0,085	0,000
5	1,00E+02	0,099	-0,063	0,000
6	1,20E+02	0,110	-0,063	0,021
7	1,60E+02	0,077	-0,063	0,021
8	1,80E+02	0,099	-0,085	0,021
9	2,10E+02	0,088	-0,085	0,000
10	2,40E+02	0,077	-0,063	0,000
11	2,90E+02	0,099	-0,063	0,021
12	3,20E+02	0,088	-0,085	0,000
13	3,40E+02	0,099	-0,085	0,000
14	3,70E+02	0,132	-0,063	0,000
15	4,00E+02	0,099	-0,063	0,000
16	4,61E+02	0,099	-0,085	0,021
17	4,91E+02	0,110	-0,063	0,021
18	5,31E+02	0,099	-0,042	0,021
19	5,71E+02	0,088	-0,063	0,000
20	6,01E+02	0,099	-0,063	0,021
21	6,41E+02	0,088	-0,085	0,000
22	6,81E+02	0,077	-0,085	0,000
23	7,11E+02	0,099	-0,085	0,000
24	7,41E+02	0,110	-0,085	0,021
25	7,71E+02	0,088	-0,085	0,021
26	8,11E+02	0,099	-0,085	0,000
27	8,51E+02	0,088	-0,085	0,021
28	8,71E+02	0,099	-0,063	0,000
29	8,91E+02	0,099	-0,085	-0,042
30	9,31E+02	0,088	-0,085	0,000
31	9,61E+02	0,121	-0,042	0,021
32	1,00E+03	0,099	-0,085	0,000



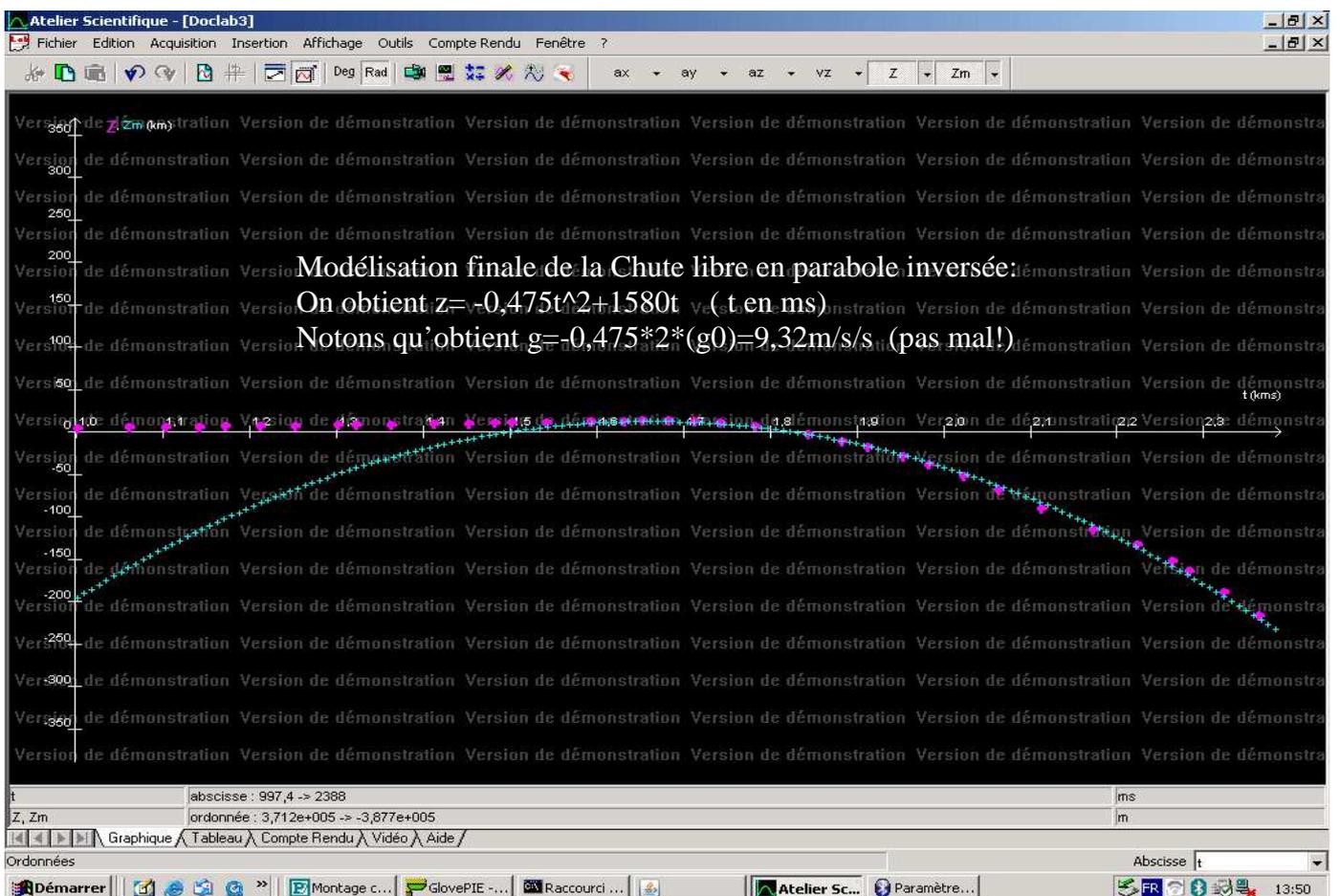
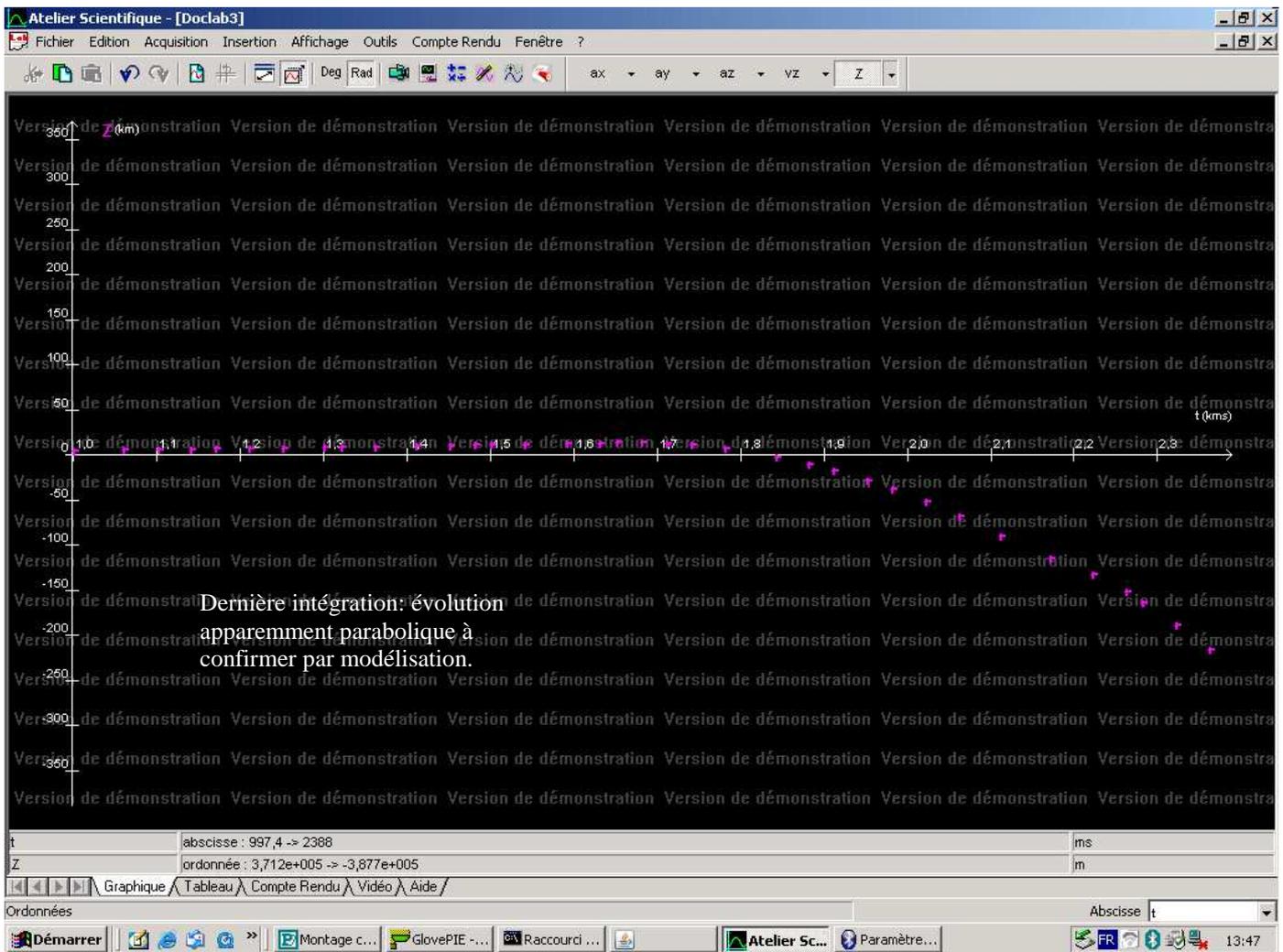
Zone où la Wiimote est verticale, prête à être lâchée: az proche de 0

Chute libre d'environ 1 m  
L'accélération passe à la valeur  $-1$  (entendez  $-g_0$  soit  $-9,81$  m/s/s)

Zone de choc au sol de la Wiimote: noter la forte accélération puis l'accélération inverse (due à la déformation du condensateur interne).

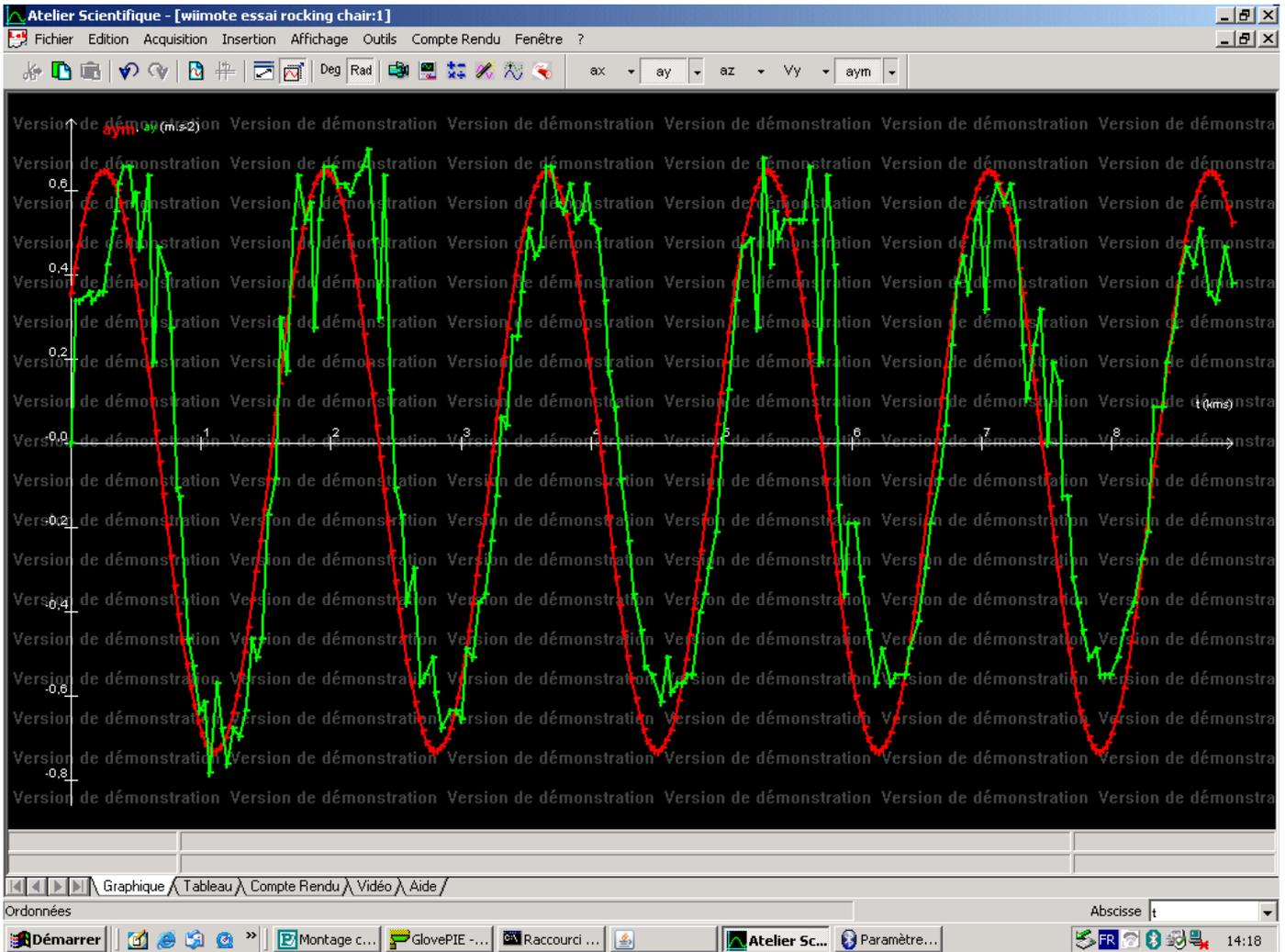


Après intégration, évolution de la vitesse  $V_z$ .  
Notez la possible modélisation linéaire en fonction du temps conforme aux résultats connus.



**Rem:** on peut également travailler en réel en multipliant les valeurs de départ par 9,81 .





Ici, l'expérience a été faite avec un rocking chair dont la période d'oscillation ne suit pas la formule classique de Terminale S. On remarque aussi que sa période semble être très dépendante des frottements. Les résultats donnent:  $T=1,7s$ . Nous essaierons en TP avec un vrai pendule.

Rem: L'acquisition des données sans mouvement donne le bruit de mesure et donc permet de calculer le rapport signal bruit sur l'étendue de mesure, sachant qu'au maximum, l'accéléromètre ADXL 330 est fiable jusqu'à  $5g$  soit  $5*(g_0)$ .

## 2-4°) Exemples d'applications

Les plus connues sont:

- détection de brusques variations d'accélération pour déclenchement de l'airbag
- Contrôle de trajectoire d'appareils radiocommandés
- Plus récemment: consoles de jeu

### 3\*) Capteurs pour le contrôle électrique d'appareils

Il peut y avoir une multitude d'idée concernant l'utilisation de capteurs dont la réponse électrique dépend:

- De la pression
- De la luminosité (éclairage)
- De la température
- De la résistance électrique
- De l'intensité sonore

etc.....

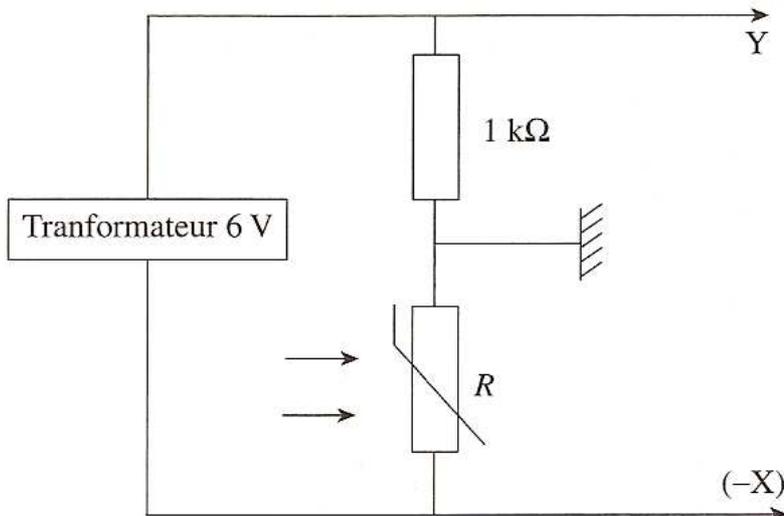
Le but est donc de trouver un moyen de maîtriser le signal afin qu'il puisse commander un système de mise en marche, de coupure, d'avertissement et bien d'autres encore.

Les circuits qui suivent viennent des bibliographies suivantes:

- [1] : Montage de physique, 2ème édition, DUNOD (Bellier, Bouloy, Guéant)
- [2] : Agrégation de sciences physiques, expérience d'électronique, BREAL (Duffait, Lievre)
- [3] : Expérience de physique, Capes de sciences physiques, BREAL (Duffait)
- [4] : Hprépa, Électronique I et II, HACHETTE supérieur

#### 3-1°) Tracé d'une caractéristique

La photorésistance ou la thermistance (peut-être plus pratique pour cette dernière)

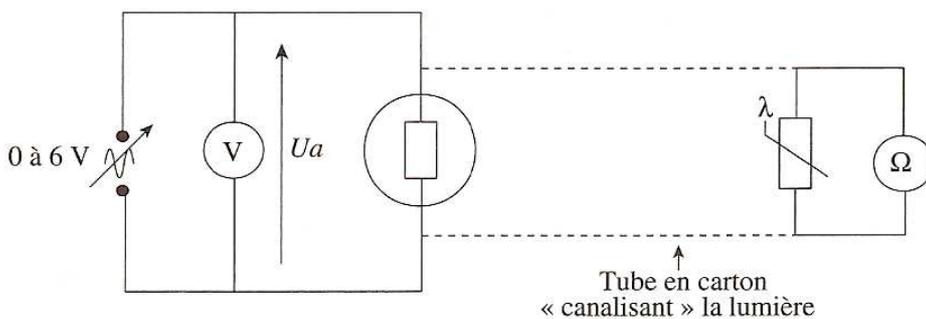


Extrait de [1]: l'utilisation du transformateur est facultative

Ce montage permet, à flux lumineux constant, de montrer que la photo résistance se comporte comme un dipôle passif linéaire.

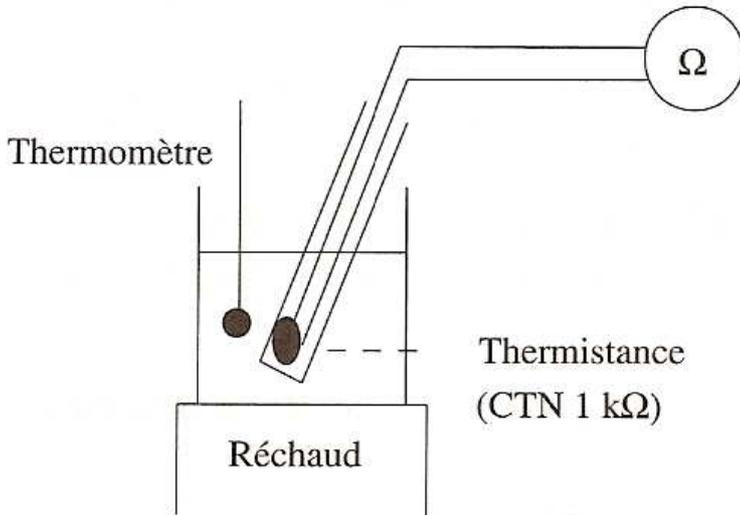
$$R = A \cdot L^{-\alpha}$$

Estimation de la valeur de A et comparaison avec la notice.



Extrait de [1]: l'utilisation du tube en carton ou d'une feuille de papier enroulée pour s'assurer que la photo résistance reçoit bien une intensité lumineuse précise.

Prendre seulement quelques points sans essayer de tracer la caractéristique.  
 Mesurer L pour 0, 3 et 6V .  
 Mesurer R pour ces 3 valeurs de L.  
 Estimer la valeur de  $\alpha$ , comparer avec la notice



Extrait de [1]: Relevé qui peut se faire assisté par ordinateur. Vérification de  $R=R_0.e(A/T)$

On relève  $R$  en fonction de la température (Kelvin ou Celsius selon modèles)

Tracé sur Génériss de  $\ln R=f(1/T)$

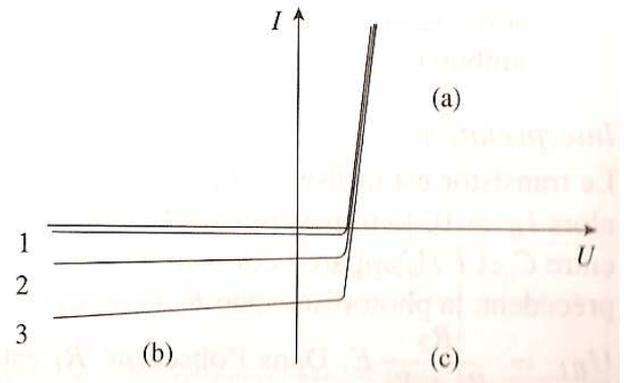
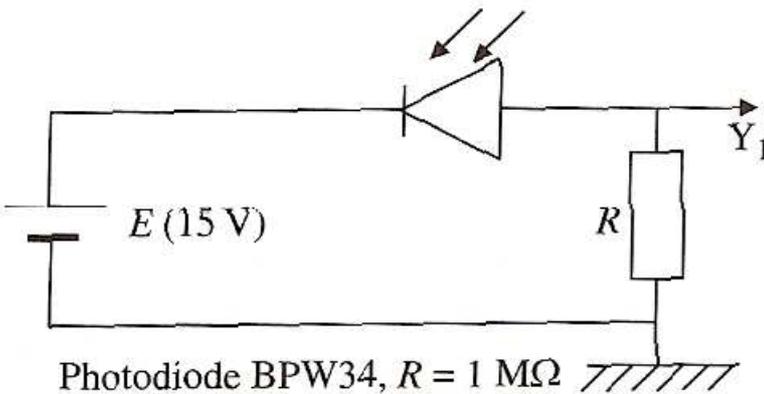
Pente :  $A$

Ordonnée extrapolée à l'origine :  $\ln R_0$

Comparer les valeurs avec celle de la notice

Certains montages de candidats sont axés sur la fiabilité de la mesure et le calcul d'erreur. La comparaison entre le rapport signal/bruit d'une CTN et d'une sonde de température K (composé de Chromel (alliage nickel + chrome) / Alumel (alliage nickel + aluminium(5%) + silicium) dont la mesure se fait par contrôle de l'effet Seebeck.

Cela peut être intéressant mais je ne souhaite pas entreprendre avec vous ce genre d'étude car elle est trop personnelle. J'entends ici vous donnez les pistes de présentation mais pas « La » présentation à faire. D'autant plus que je suis intimement persuadé que ça n'intéresse pas grand monde.



Extrait de [1] :

Tracé possible, toujours sous Génériss, de la caractéristique courant-tension du composant passif.

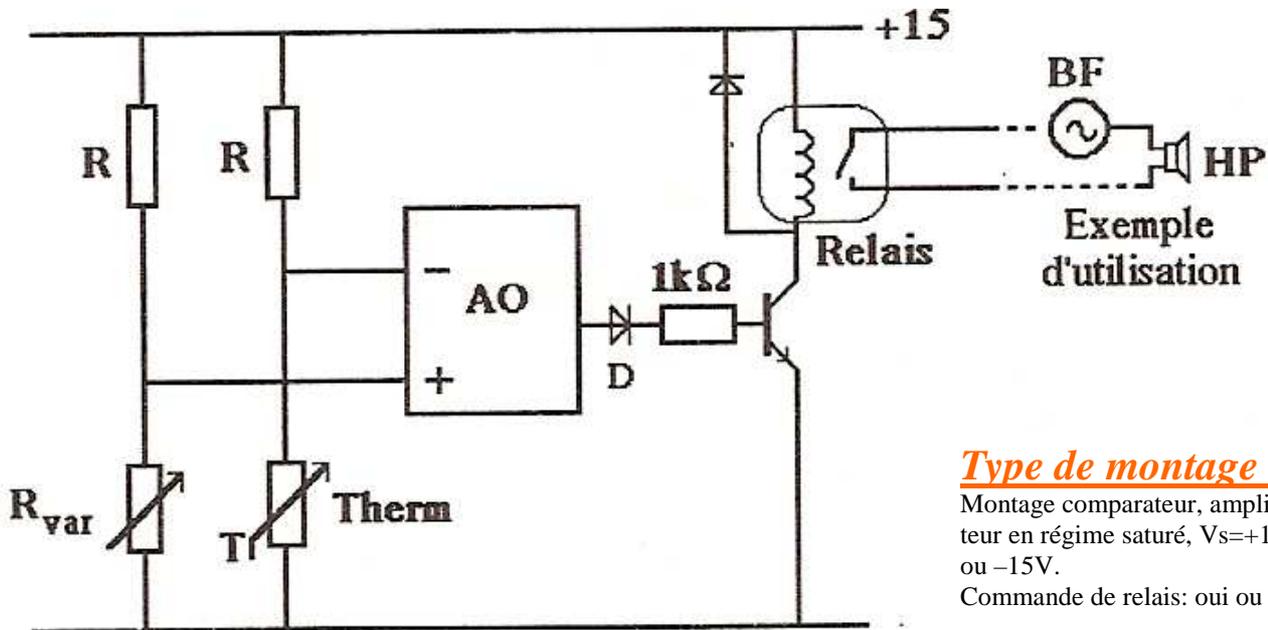
Le travail peut être le même avec une photo pile ou cellule photoélectrique (un peu plus dans l'air du temps avec la multiplication des énergies renouvelables...)

### 3-2°) Application à la commande d'un appareil

Dans cette partie, beaucoup de réglages sont nécessaires. Vous n'aurez pas, le jour de l'oral, les mêmes composants que ceux que vous allez étudier en T.P.

Il faut donc bien connaître le principe, faire un montage unique que l'on peut ajuster en fonction du phénomène voulu.

Je vous propose les deux montages généraux suivants:



#### **Type de montage 1:**

Montage comparateur, amplificateur en régime saturé,  $V_s = +15V$  ou  $-15V$ .

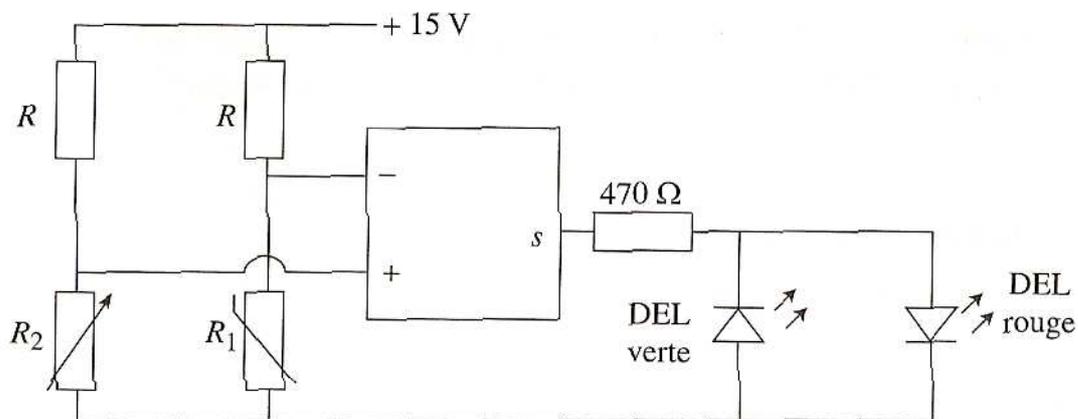
Commande de relais: oui ou non

Extrait de [3] : L'exemple ici est pris avec la thermistance.

Ce montage comparateur simple est idéal pour montrer ce que l'on souhaite. Il n'est pas nécessaire de mettre un relais à la sortie de l'ampli Op : on peut juste mettre une diode électroluminescente, placer dans un sens ou dans l'autre.

A) Avec la thermistance, le circuit compare  $R(\text{thermistance})$  et  $R(\text{variable})$ .

B) Avec tout autre chose, on compare la tension  $V_+$  et  $V_-$  : exemple de la LDR ci dessous

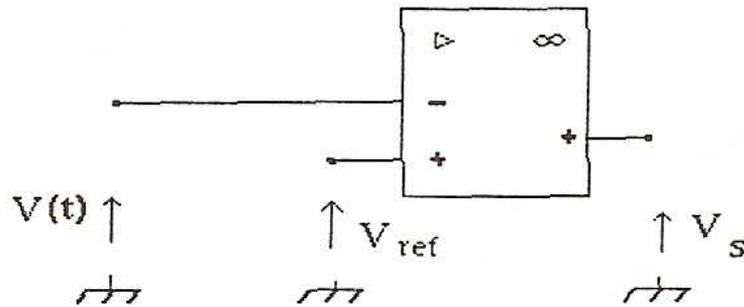


Le montage 1 comparateur permet aussi de détecter toute sorte de signaux et ainsi de réaliser des tas de montage:

- Montage de détecteur de présence (avec émetteur et récepteur US).
- Montage de détecteur de niveau d'eau (d'un vase d'expansion de voiture ou du réservoir lave glace)
- Montage ding-dong: mise en route d'un buzzer des la coupure d'un faisceau lumineux

Toutes ces manipulations peuvent se faire avec le montage ci-dessous.

Extrait de [3] et [4]

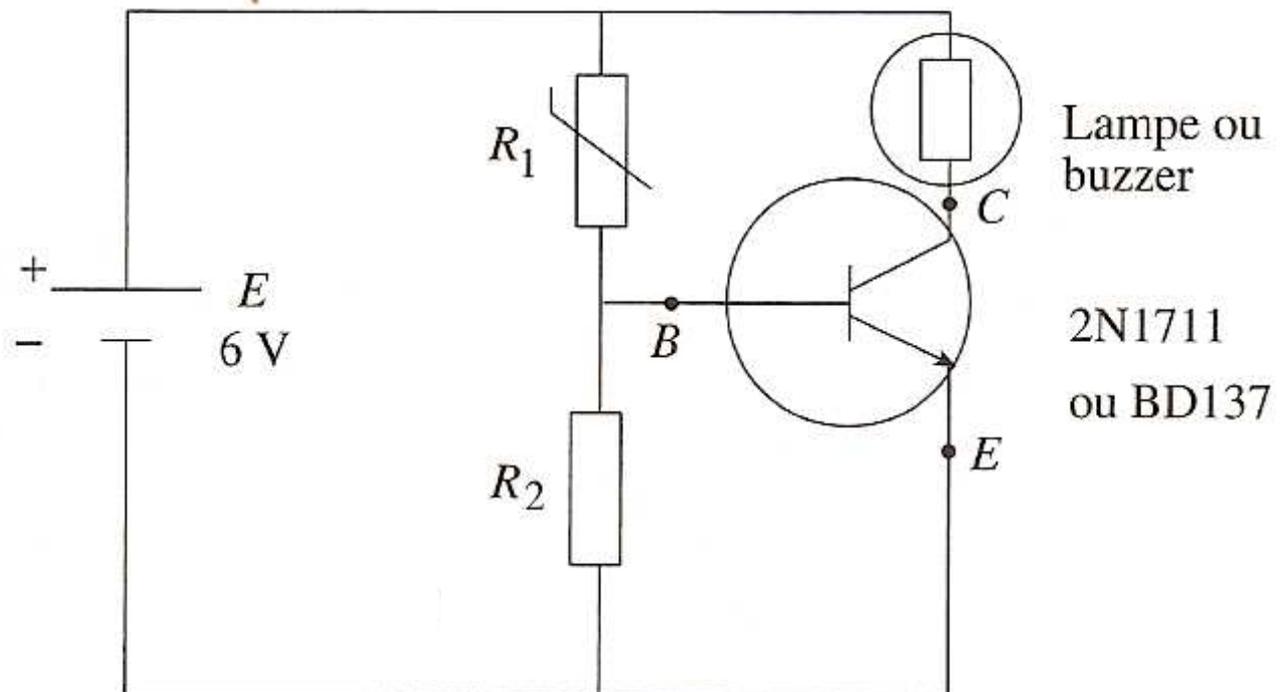


Pour  $V_{ref}$ , vous placez un générateur de tension continue ajustable (valeur fixe)

Pour  $V(t)$ , vous placez le système de votre choix dont la tension va varier après une action.

On peut aussi placer deux diodes à la sortie pour montrer que la valeur de  $V_s$  change avec l'action: le capteur est opérationnel.

### Type de montage 2



Le principe est quasiment le même: cette fois, le transistor est passant ou bloqué selon la valeur de  $U_{BE}$ . Cette valeur, de 0,6V en général, est atteinte grâce au diviseur de tension ( $R_1$  et  $R_2$ ).  $R_1$  représente une résistance qui dépend de son environnement (par exemple, un électrolyseur pour détecter le niveau d'eau) Il est possible, selon les variations du composant, d'avoir à intervertir  $R_1$  et  $R_2$ , voire à diminuer  $E$ .