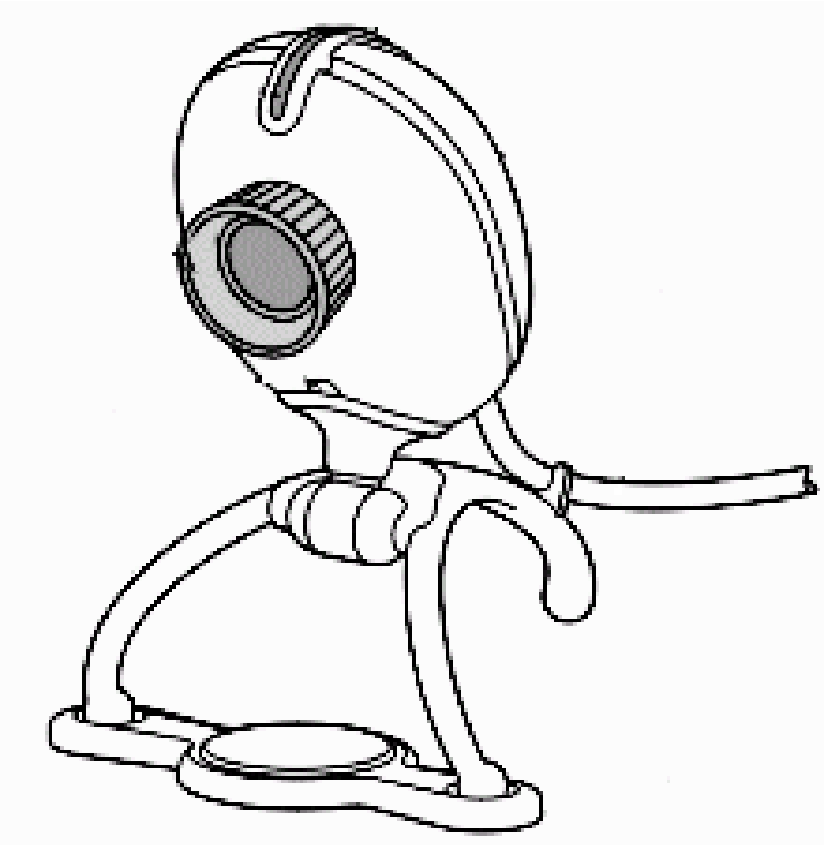
UTILISATION D'UNE WEBCAM EN MECANIQUE

v12 maj 29 nov 2001



Pierre Guidicelli nov 2001
Académie de Lyon
pierre.guidicelli@free.fr
http://pierre.guidicelli.free.fr/

UTILISATION D'UNE WEBCAM EN MECANIQUE v12 maj 29 nov 2001

Pierre Guidicelli nov 2001
Académie de Lyon
pierre.guidicelli@free.fr
http://pierre.guidicelli.free.fr/

Ce document est composé de trois parties indépendantes

- **La première partie fait le point sur les caractéristiques et les limitations de deux WEBCAM de marque Philips. Cette partie est très technique, mais permet de comprendre les réglages utilisés dans la deuxième partie. Elle s'intéresse aussi à la compression vidéo.**
- **La deuxième partie fournit le protocole utilisé pour la capture et le traitement d'une chute libre.**
- **La troisième partie correspond au TP distribué à mes élèves de TS. (Etude énergétique)**

Ce document est à la disposition de tous . Il peut être librement copié et modifié
Il est disponible sur http://pierre.guidicelli.free.fr/
Si vous modifiez ce document , je vous demande simplement de remplacer mon nom par le votre. Je n'ai aucune action chez Philips...

1] Choix du périphérique d'acquisition

- *Camescope standard + carte numérisation vidéo analogique* **PINNACLE DC10+** (1800F)

Inconvénients : Camescope cher ~ 6000F , nécessité de trouver un camescope permettant le réglage de la vitesse d'obturation, problèmes liés aux trames paires et impaires, qualité vidéo moindre du fait de la conversion analogique digitale, pas de réglage du nombre d'images par seconde (FramRate)
Avantages : Le lycée peut déjà être doté d'un camescope de ce type

- *Camescope numérique DV + Carte IEEE 1394* (=i-link pour SONY =FireWire=Carte DV)

Certaines cartes sont spécialisées dans la vidéo numérique (**PINNACLE Miro DV** (2000F) mais il est tout à fait possible d'utiliser une carte standard (IEEE 1394) (**ADS Pyro DV** (800F)) qui permettra de connecter d'autres périphériques comme les disques durs externes ou des graveurs externes, ... avec un débit théorique de 400Mbits/s =50Mo/s !
Inconvénients : Camescope très cher ~ 10 000 F , même problème lié à la vitesse d'obturation , Frame Rate non réglable Installation et configuration matériel relativement difficile.
Avantages : Pas de perte dues à l'échantillonnage (conversion analogique/digitale) , portabilité.

- *Appareil photonumérique utilisé en mode vidéo*

Inconvénients
Actuellement, même sur les meilleurs photoscopes du marché, ce mode vidéo est limité à 15 images par seconde .
De plus aucun réglage de vitesse d'obturation n'est disponible.
Le format vidéo est le plus souvent le format propre à QUICKTIME *.mov les logiciels de pointage ne gèrent pas ce format.

- *WebCam USB* : (300F à 700F)

Inconvénients : Expérience à proximité de l'ordinateur (possibilité ralonge USB 5m www.Pearl.fr ou ordinateur portable) Le débit de l'USB limite les performances(voir ci dessous)
Avantages : Certains modèles disposent de nombreux réglages , prix !!!

L'offre en WEBCAM est pléthorique , de nombreux fabriquants se lancent dans la fabrication de ce type de périphérique bon marché . (Philips , Creative , Logitech ...)
Nous allons détailler les caractéristiques techniques de deux WEBCAM particulières , toutes deux permettent un réglage précis de tous les paramètres de capture.

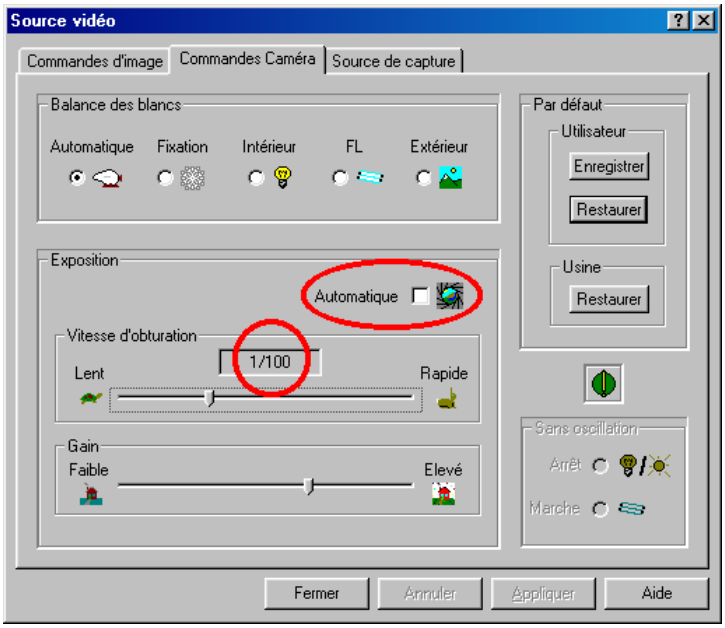
2] Caractéristiques Techniques – limitations - Problème de flou - Connectique

- **Vitesse d'oburation**

Il est indispensable que la WebCam dispose d'une part d'un **réglage de la vitesse d'obturation** et d'autre part d'un réglage du **nombre d'images par seconde (=Frame Rate) précis.**

La vitesse d'obturation variable permet d'éviter les flous lors de l'étude de mouvements rapides
Le framerate doit être le plus fiable possible afin de connaitre exactement la période d'échantillonnage

(On pourra filmer un compteur au 1/100s pour vérifier sa fiabilité.)



Dans le cas des chutes libres réalisées en intérieur, il est nécessaire que la vitesse d'obturation soit d'au moins 1/100 s
Pour une chute de 2m la vitesse à l'arrivée est d'environ $v = \sqrt{2 \times g \times z} = \sqrt{2 \times 10 \times 2} \approx 7\text{m/s}$

En travaillant au 1/100s , une trainée de 7cm sur les dernières images capturées sera visible.
Le pointage du mobile sera donc approximatif.
Cf les deux captures d'écran ci-dessous.

La première est faite au 1/100s la deuxième au 1/50s (ce qui explique aussi la différence de luminosité)

Le choix se limite à deux modèles du même constructeur :

Philips VESTA PRO 680 VK USB (300F Darty)
Philips TOUCAM 740K Pro USB (690F FNAC, Darty, Auchan). (en nov 2001)

Il existe aussi la Philips PCVC 690K Vesta Pro Scan qui est identique à la VESTA 680VK mais dispose d'un trépied métallique et d'un logiciel de pseudo-reconnaissance de caractères !

Philips VESTA PRO 680 VK

Ces deux modèles (aprés nombreux tests de Webcams diverses) permettent le **réglage de la vitesse d'obturation, et disposent d'un Frame Rate fiable.**

- **Capteurs CCD ou CMOS**

Seule la **TOUCAM PRO 740 K** (bague jaune) dispose d'un **capteur CCD** (1/4" - 640 x 480) , La **VESTA PRO** et les versions **Fun** et **XS** des ToUCam) disposent seulement d'un traditionnel **capteur CMOS**

Les capteurs CCD fournissent des images de meilleure qualité que les capteurs CMOS qui eux introduisent du bruit (bruit thermique, bruit de lecture du CCD, etc...) dans l'image . Cela ne gênera aucunement le pointage et ne faussera pas les calculs, mais autant disposer de vidéo de qualité ! (Toutes les photoscopes sont équipés de capteur CCD et non CMOS

TOUCAM 740K Pro

- **Focale**

D'autre part la focale des TOUCAM est de 6.0 mm contre seulement 4.8mm pour la VESTA. Les aberrations géométriques engendrées par ces petites focales seront donc plus limitées sur la TOUCAM que sur la VESTA. Les images auront donc moins cette distorsion en barillet caractéristique de toutes les optiques bon marché, distorsion qui fausse notre étalonnage.
Pour se rendre compte de ce phénomène il suffit de regarder l'allure de la tige du pendule situé à gauche sur les deux captures ci-dessus : Les courtes focales modifient les perspectives.

PCVC 690K VESTA PRO Scan

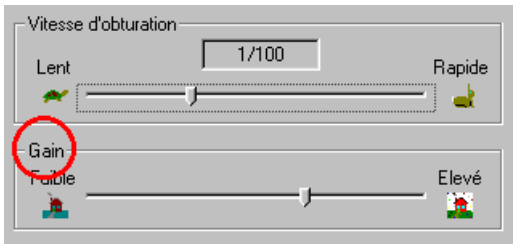
- **Ouverture**

De plus la VESTA ouvre seulement à F3.0 tandis que la TOUCAM ouvre à F2.0 Les prises de vue avec peu de lumière seront donc facilitées Ainsi l'étalonnage et le pointage seront plus précis.

Il faut bien comprendre que ces WEBCAM ne disposent ni d'un obturateur mécanique ni d'un diaphragme réglable (Ceci explique leur faible coût par rapport à un photoscope) Le diaphragme est fixe, l'électronique de la caméra « vide » le CCD plus au moins rapidement.

- **Gain et Sensibilité**

La diminution de la « durée d'obturation électronique » que j'appellerai maintenant la vitesse, par analogie avec la photo, entraîne inévitablement une perte de luminosité. Il peut donc être nécessaire d'éclairer la scène (rétroprojecteur) .



Mais là encore l'informatique vient à notre secours, en effet un réglage appelé « **Gain** » permet d'augmenter artificiellement la luminosité de l'image en amplifiant numériquement les valeurs de chaque pixel.
Ce procédé permet de pallier souvent le manque de lumière du à une vitesse élevée, par **contre il engendre du bruit sur l'image en amplifiant les différences de nuances** .

> **Explication** : Imaginons une photo sous-exposée dans laquelle deux pixels contigus ont pour valeurs 4 et 5 sur une échelle de couleur allant de 0 jusqu'à 255 : Le dégradé bien que sombre est fluide.
> Si le gain est de 10, ces deux pixels auront pour valeur respective 40 et 50.
> Dans ce cas la photo est très contrastée mais le dégradé brutal.

Cet étirement correspond à une augmentation du contraste (possibilité de saturation : valeur 255)
Ce type de réglage est disponible aussi sur les photoscopes sous la dénomination de **sensibilité** (100ISO, 200 ISO, 400 ISO) par analogie avec la sensibilité d'une pellicule argentique) Mais contrairement à la photo argentique où le choix de la sensibilité de la pellicule entraîne une modification du grain , Les WEBCAM et Photoscopes ne modifient pas la taille de leurs photosides !

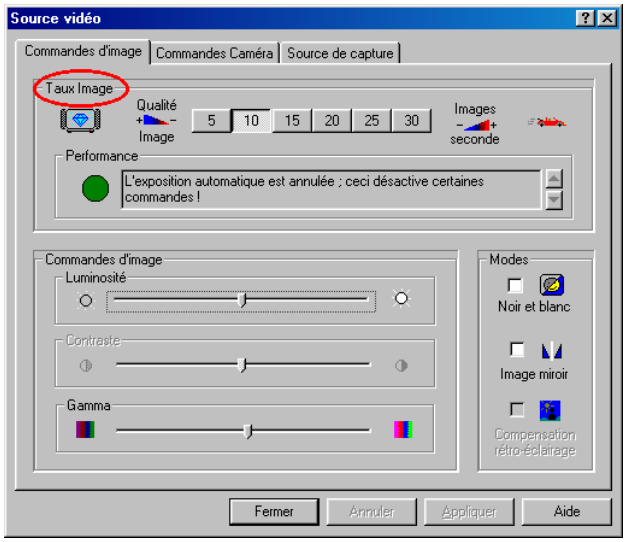
➢ **Augmenter cette sensibilité ou le gain revient à augmenter le contraste ET le bruit**..

- **Taux d'image ou fréquence de rafraîchissement**

Cette dénomination est très trompeuse car ce paramètre n'est pas, comme on pourrait le penser, le Frame Rate.

Ce réglage modifie en fait, les trois paramètres (**FrameRate**, **Vitesse d'obturation** et **gain**) uniquement dans le cas de la **prévisualisation. Ceci afin d'augmenter la qualité de l'image finale.**

Lors de la capture, en mode manuel, Frame rate, Vitesse et gain peuvent être réglés indépendamment .



Dans le cas de valeurs basses (5 ou 10) , l'image observée est certes saccadée, mais de meilleure qualité alors que pour des valeurs élevées (25 ou 30) la qualité s'amenuise tandis que la fluidité de la vidéo augmente.

Il faut bien comprendre l'influence de chacun des paramètres :
La **vitesse d'obturation** joue sur la **netteté** ou le **flou** de la scène
Le Frame Rate entraîne un mouvement **saccadé** (<15i/s) ou **fluide** (>15i/s) (persistance rétinienne)

Les deux périodes (fréquences) associées à ces deux grandeurs sont indépendantes.
Il est tout à fait possible d'obtenir des images saccadées mais nettes (5i/s au 1/100s) ou des images fluides mais floues (30i/s au 1/25s) .

En fait pour une vitesse d'obturation lente, le Capteur CCD a le temps de stocker un nombre de photons plus élevé , ainsi leur dénombrement est moins faussé par le bruit d'origine thermique .
(le rapport signal/bruit augmente)

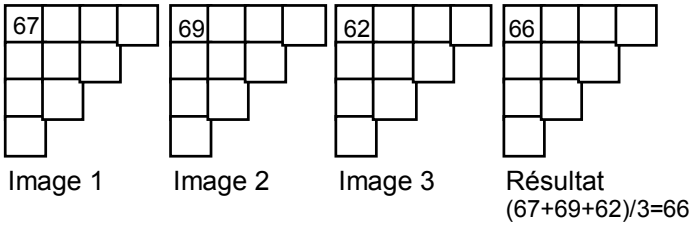
> Cette notion permet de comprendre pourquoi l'augmentation du nombre de pixels des appareils photo numériques sans augmentation de la taille du capteur CCD leur fait perdre de la sensibilité (nécessité d'ouvrir plus , ou de travailler avec des basses vitesses)
> Pour une même quantité de photons (même photo, même optique, réglages identiques) et un capteur de même taille , un 4.1Mpixels sera moins sensible qu'un 3.3 ou un 2.1Mpixels car ce même nombre de photons doit se répartir sur un plus grand nombre de photosites. Chaque photoside stocke donc moins de photons , la présence de photons parasites (le plus souvent d'origine thermique) augmente l'erreur relative sur le dénombrement de chaque photoside .

Pour limiter l'influence de ce bruit thermique, il est nécessaire que les photosides stockent plus de photons (temps de pose rallongé - risque de flou de bougé)
Une autre solution (utilisée dans les capteurs pour l'astronomie) est le refroidissement du capteur par des modules Peltier.
Cela fait perdre un 1 diaphragme sur l'Olympus 4040 (4.1Mpixels) par rapport au 3040 (3.3Mpixels - même optique –taille du capteur identique)

- **Compositage**

Le logiciel effectue un **compositage logiciel (=moyennage des images)**
Le **compositage** consiste à moyenner de façon logicielle plusieurs images afin d'obtenir une seule image de meilleure qualité (moyenne de chaque valeur du même pixel)

La diminution de la vitesse d'obturation laisse le temps au logiciel d'effectuer la moyenne d'un grand nombre d'images mais entraîne inévitablement le flou des objets en déplacement rapide.

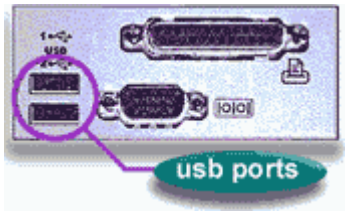


Ce traitement d'image est un procédé classique de l'astrophotographie. Cela revient à travailler en pause longue (1 à 10s)

- **Connectique**

Toutes deux se branchent sur port USB et nécessitent au moins W98 (possibilité tout de même de mise à jour de W95 en W98, ou W95 dernière édition gérant les ports USB)

Pour être certain que l'ordi acceptera l'USB, télécharger le soft USBREADY.EXE (http://www.usb.org/data/usbready.exe ou recherche dans www.google.fr) et vérifier que les ports sont physiquement présents !



- **Support –Stabilité**

La Toucam se révèle moins stable que la Vesta qui, elle, dispose d'un trépied amovible, flexible sur pieds en caoutchouc se vissant dans la webcam . Le pas de vis est le même que celui des appareils photos standards. Il est donc possible d'utiliser un trépied d'appareil photo sur les deux webcam . Le cordon de la TOUCAM mesure 2,95m.

- **Mise au point**

Ces deux Webcam disposent d'une mise au point manuelle par rotation de l'objectif ce qui est très rare sur les autres webcam. Cela permet une mise au point précise . La plupart des autres Webcam utilisent la grande profondeur de champ engendrée par la courte focale pour faire une mise au point fixe sur une distance intermédiaire (1 ou 2 m) (softfocus)

De plus **L'OBJECTIF SE DEVISSE COMPLETEMENT** .

Cela permet d'adapter la WEBCAM sur différents systèmes optiques (Microscope, Binoculaire, Objectif d'appareil photo, et surtout sur télescope afin de faire de l'astro photographie avec des bagues adaptées)
http://www.chez.com/astrocam/DANNY.html

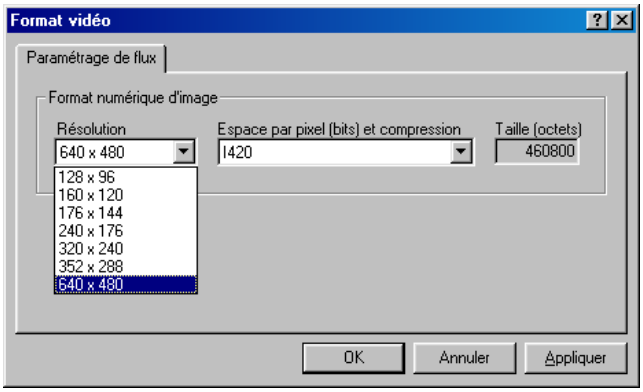
La Toucam parait moins solide et moins finie que la Vesta qui, elle, est plus lourde donc plus stable.

Ci-dessus VESTA montée sur objectif 50mm =500mm !

VESTA montée sur télescope

Par contre le pied de la TOUCAM, articulé simplement autour d'un axe horizontal, permet de faire l'horizontalité beaucoup plus facilement qu'avec le pied flexible de la Vesta. Cela permettra un étalonnage bien plus précis.

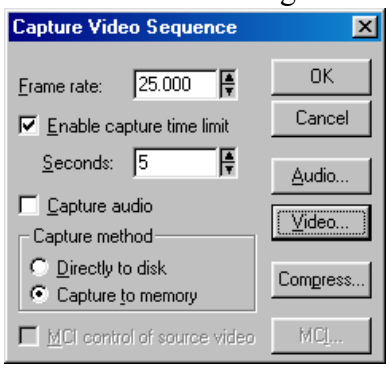
- **Frame rate**



Toutes deux annoncent des **débits de 30 images/s même en mode VGA (640*480)** . Il est bien évident que cela est **impossible** :
Le débit théorique de tout périphérique USB est limité a 12 Mbits/s (=1.5 Mo/s), **en pratique ce débit plafonne le plus souvent à 1Mo/s ~ 1,2Mo/s** pour les périphériques les plus rapides (Webcam, Scanner)

La caméra, contrairement aux spécifications fournies, code les couleurs sur **12 bits** c'est à dire sur un octet et demi (un appareil photo numérique, lui, code sur 3 octets)

Il est facile de calculer le débit nécessaire pour chaque taille d'image en fonction du nombre d'images par seconde souhaité :



En taille VGA (640*480), sans compression, cette image aurait un poids de 640*480*1,5=460800 octets soit 450 ko

Attention en informatique le kilo vaut 2^{10} =1024 tandis que le Méga vaut 2^{20}=1 048 876
Voilà pourquoi la capacité d'un disque dur formaté est toujours inférieure à la capacité annoncée

A raison de 25 images par seconde , le débit nécessaire serait de 11 Mo/s ! !

Cette cadence infernale est inaccessible à la plupart des disques durs et le bus USB est un véritable goulet d'étranglement (bottleneck)
Deux choix technologiques permettent d'augmenter fortement les performances de la WebCam

- Le codage des couleurs ne se fait que sur seulement **12 bits** (= 4096 couleurs) au lieu de 24 habituels pour les appareils photos et scanners (2^{24}=16 millions de couleurs) (36 ou même 48 sur les scanners récents)
  Cela entraîne une perte de nuances dans les couleurs : dégradés moins fluides.
- La caméra **compresse à la volée** le flux vidéo avec le codec (=codeur/décodeur) I420=**Indeo Video 4**
  Il faut savoir que les codecs travaillent généralement sur deux axes principaux: La **compression spatiale** et la **compression temporelle :**
  - **La compression spatiale** compresse une image (frame) isolément. Le codec va chercher les pixels communs ou redondants et va effectuer une compression avec ou sans perte
  - **La compression temporelle** va éliminer les informations identiques d'une image à l'autre, il ne va stocker que les zones où l'image est différente. En règle générale la première image est une image clé (Keyframe) qui sera entièrement conservée. Des images suivantes le codec ne conservera que les zones où les pixels sont différents de l'image clé, et ce jusqu'à la prochaine image clé.

Dans notre cas le codec I420 n'est pas une compression spatiale avec perte (comme le M-jpg) mais une compression temporelle par rapport à une image clé
Ainsi, le taux de compression n'est pas fixe et dépend fortement des variations d'une image à une autre

- **La taille du fichier obtenu dépend aussi de ce que l'on filme.**

Dans notre type de prise de vue (webcam fixe et peu de variation dans le champ au cours du film)

- le **ratio est d'environ deux.**

En théorie les tailles et FrameRate possibles sont d'environ:
640*480*1,5/1024=450ko /2=225ko
impossible pour une cadence supérieure **à 3~5 images/s** (225*5=1125Ko/s)

352*288*1,5/1024=150 ko /2=75 ko
impossible pour une cadence de plus de **12~14 images/s** (75*14=1050ko/s)

320*240*1.5/1024=112 ko /2=56 ko
impossible pour une cadence de plus de **20 images/s** (56*20=1120ko/s)

Ces valeurs correspondent à des valeurs maximales de débit d'images, elles peuvent être bien plus faibles d'une part si votre film contient de **nombreuses variations** d'une image à une autre (ratio plus petit) , ou d'autre part si votre **machine est lente** (<500MHz) , **votre disque dur fragmenté** ou **lent** (disque dur d'un ordi portable = 4500 tours/min au lieu de 7200 tours/min des ordi Desktop), ou si d'autres périphériques se **partagent la bande passante** du bus USB.

Il faut noter qu'une perte d'une ou plusieurs images n'entraîne pas forcément un fichier inutilisable : l'image perdue peut être avant ou après le mouvement étudié , mais il est aussi possible de rattraper cette image dans le logiciel de pointage.

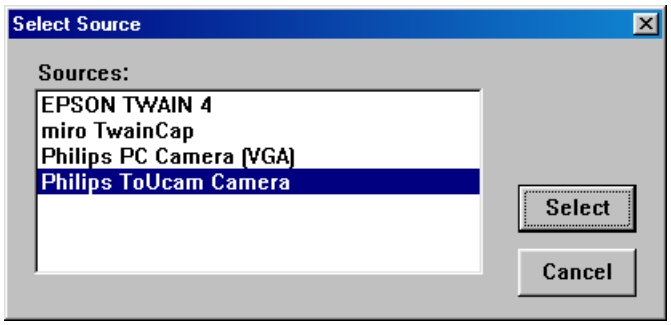
En pratique pour étudier des **phénomènes rapides** (oscillations, chutes libres) il est tout de même possible de travailler en **320*240 à 25 images/s**

Pour des **phénomènes plus lents** (chute de bille dans le glycérol, solide sur plan incliné,...) un débit de **5i/s en 640*480** sera suffisant

Dans tous les cas , en cas de perte d'images, il faudra, soit diminuer la taille de l'image soit diminuer le frame rate .

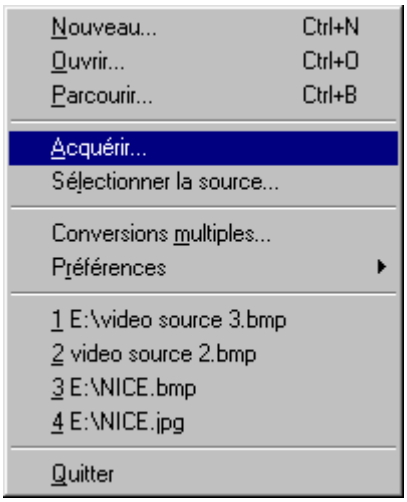
- **Le Driver Twain**

Les deux WebCam sont « compatibles TWAIN » , c'est à dire qu'elles peuvent être pilotées par tous les logiciels compatibles avec ce protocole. (C'est le cas de la plupart des logiciels de dessin comme Paint Shop Pro , Photoshop LE)
Ce protocole, utilisé avant tout pour les scanners, permet de découvrir les autres possibilités disponibles.

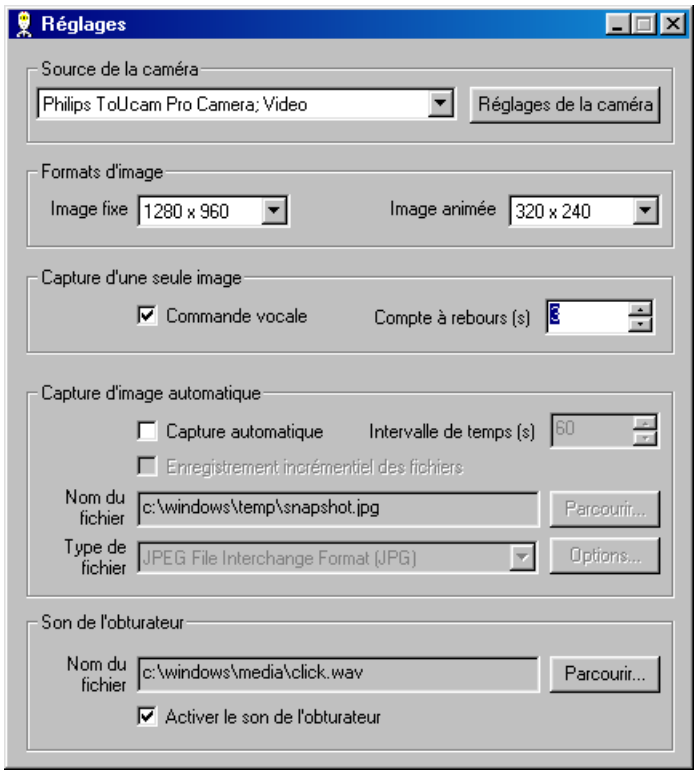


Il faut tout d'abord sélectionner le bon périphérique (ici 4 drivers TWAIN sont présents sur ma machine)

Ensuite sélectionner Acquérir (Ici avec Paint Sho Pro)

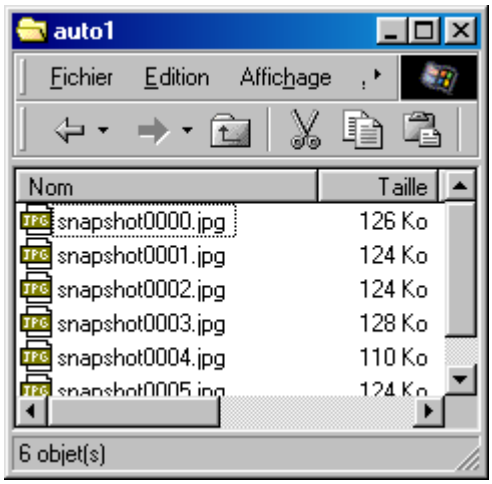


Dans ce mode il est possible de faire de la « chronophotographie lente » appelée ici capture automatique.
C'est à dire effectuer une prise de vue toutes les x secondes.



Cela peut être utilisé pour filmer le développement d'une plante , l'éclosion d'un bourgeon où de tout autre phénomène très lent.

Si la WebCam est montée sur microscope, on pourra filmer la croissance de cristaux , ou tout autre phénomène microscopique lent (corrosion) .

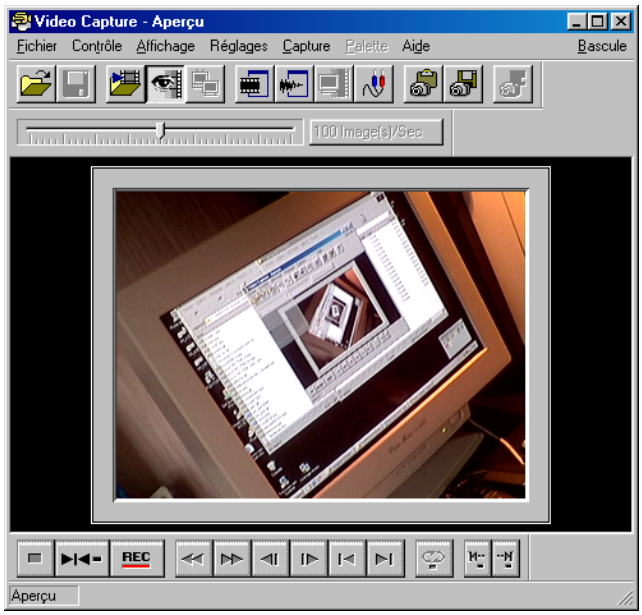


(Que de beaux TPE en perspective ...)

La webcam effectuera des prises de vue suivant l'intervalle de temps choisi. La seule limite viendra de la taille du disque dur

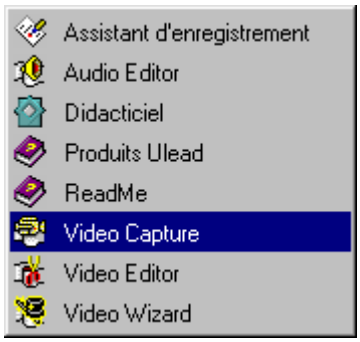
3] Les logiciels de capture

le logiciel de capture permet de faire l'acquisition vidéo et la sauvegarde au format .AVI



Il est possible d'utiliser directement celui installé avec les WEBCAM :
Vidcap pour la VESTA
Philips VRecord pour la TOUCAM
Ou tout autre logiciel de capture comme **Video capture** qui est fourni avec **ULEAD MEDIASTUDIO PRO** sur le premier CD.

➢ Ce dernier permet de ne sauvegarder que la partie utile du film



4] Les logiciels de pointage

Plusieurs logiciels permettent d'effectuer le pointage du mobile sur chaque image afin d'obtenir un fichier utilisable par nos logiciels d'acquisition/modélisation (type REGRESSI)
voilà les principaux :

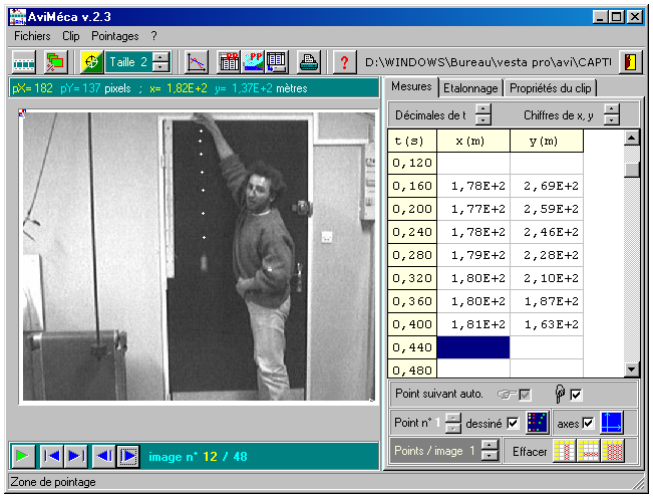
Avimeca 2.3 (320ko) maj du 26/06/2001 Académie de Rennes
www.ac-rennes.fr/pedagogie/scphys/outinfo/log/c1log.htm

Animation Marqueur 1.7 (540ko) Académie de Nancy
www.ac-nancy-metz.fr/enseign/physique/Nouvprog/sec_2000.htm

MKI (5,4 Mo) Académie de Nice : www.ac-nice.fr/physique/MKI/MKI.htm

Regressi Multimédia sur le site personnel de Jean-Michel Millet (Le créateur de REGRESSI)
(317 ko zippé) maj du 06/11/2000.
http://perso.wanadoo.fr/jean-michel.millet/

Dynamic2.50 (4 461 ko) maj du 03/09/01 académie de Nantes
www.ac-nantes.fr/peda/disc/scphy/dochtml/dynacnan/dynamic.htm
http://www.ac-nantes.fr/peda/disc/scphy/html/logiciel.htm



Chacun de ces logiciels a des avantages et des inconvénients : Avimeca 2.3

Aviméca23 est très léger , ne nécessite pas d'installation , affiche directement les coordonnées lors du pointage, le système d'étalonnage est très simple d'emploi. Il dispose d'un zoom 2x. Par contre l'origine des temps correspond à la première image du film et non pas au premier pointage. Cela n'a évidemment aucune incidence sur les calculs mais pourra désorienter certains de nos élèves .

Marqueur est aussi de petite taille et facile d'emploi.

MKI est lourd et difficile à utiliser.

Regressi Multimédia ne sauve pas directement au format .rrr et nécessite d'être installé conjointement avec **regressi Windows** . Les utilisateurs de **REGRESSI DOS** ne pourront pas l'utiliser. Il permet par contre de ne sauver qu'une partie du film.

Dynamic est lourd (car il fait aussi de la simulation) mais

- d'une part le premier point pointé est pris comme origine des temps et origine des ordonnées ce qui permet d'avoir une parabole passant par l'origine y(t=0)=0 dans le cas d'une chute libre
- D'autre part, il permet de choisir l'orientation de l'axe des ordonnées afin d'avoir un axe dirigé dans le sens du mouvement et ainsi des ordonnées positives (Ceci évite les manipulations de type y devient –y dans Regressi)

Cinéris de JEULIN

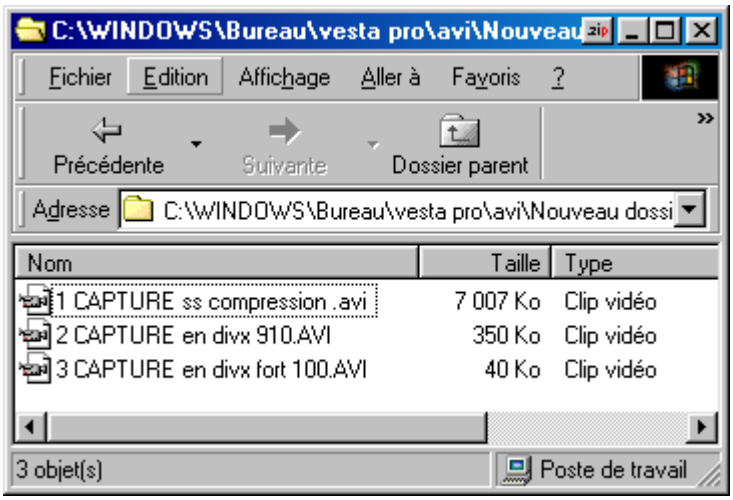
Il faut les essayer et choisir celui qui vous convient le mieux... (ne jamais se faire d'ennemi !)

Dynamic2.50

(mais qui est ce bel Apollon ?)

5] La compression Vidéo – le codec DivX

Les fichiers AVI obtenus ont généralement une taille importante (typiquement 2 Mo pour un seconde d'enregistrement en 320*240 à 25i/s)
Cela limite leur transport sur disquette, leur envoi par mail et leur téléchargement à partir de sites WEB.
Nous allons donc utiliser un algorithme de compression (codec) permettant une réduction très importante du poids des fichiers vidéo

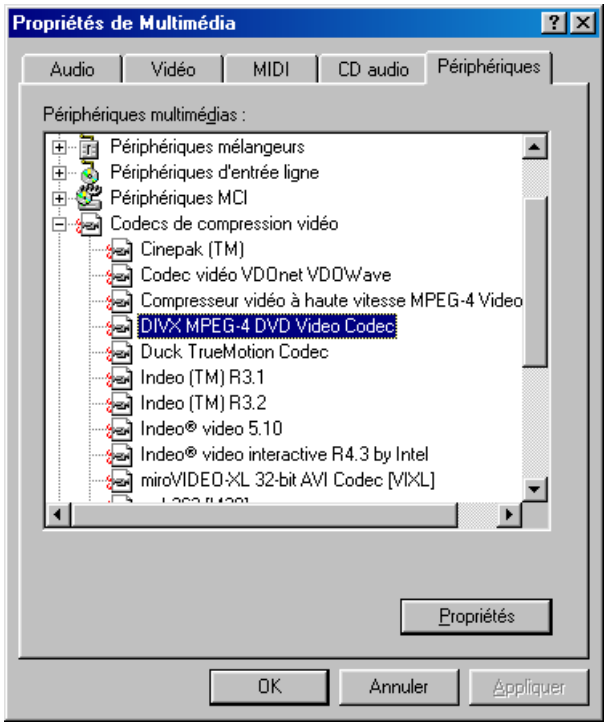


Le codec vidéo le plus efficace actuellement et le **codec DIV X,** (division par 10), celui-ci est surtout utilisé pour compresser les DVD vidéo (6Go) afin de pouvoir graver et visionner des films sur CD standards (700Mo) .

(Pour un usage strictement privé, bien entendu !
en disposant de l'original , bien évidemment !
à seule fin de sauvegarde , il va sans dire !)

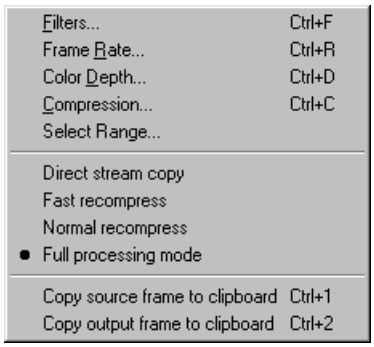
Les privilégiés disposant d'un accès au réseau rapide (ADSL , Câble) pourront aussi télécharger en environ 5h des films entiers disponibles totalement illégalement sur le réseau.

Il faut tout d'abord installer le **codec divX** (740ko pour la version 4 . 02) (www.divx.com)
Ensuite nous utiliserons le freeware :**VIRTUALDUB 1.47** (672ko) (http://www186.pair.com/vdub/)

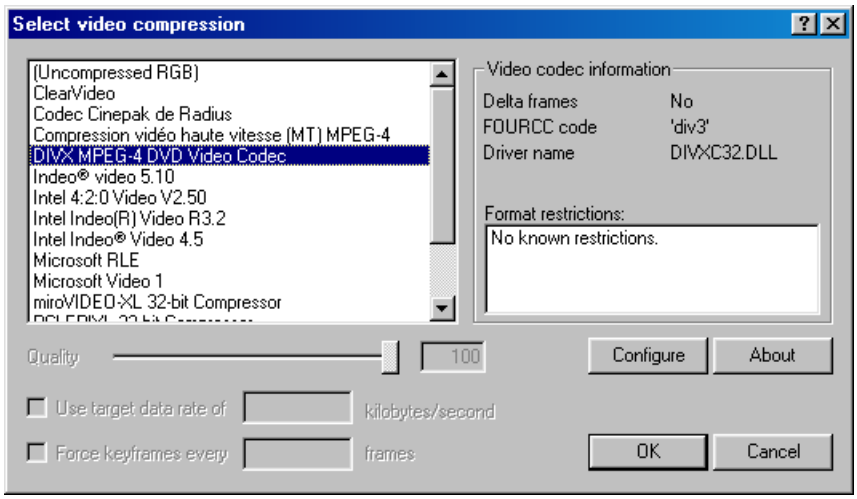


Il est possible de vérifier la présence du codec divX (et de tous les autres codecs dans : Démarrer/paramètres/panneau de configuration/Multimédia Onglet périphériques

Ensuite dans VirtualDUB dans le Menu Vidéo Choisir Compression



Sélectionner le codec DivX



Le Bouton Configure permet de paramétrer le Data Rate (Débit numérique)

Laisser les paramêtres par défaut

Un data Rate faible fournira un fichier de taille plus petite mais de qualité moindre.

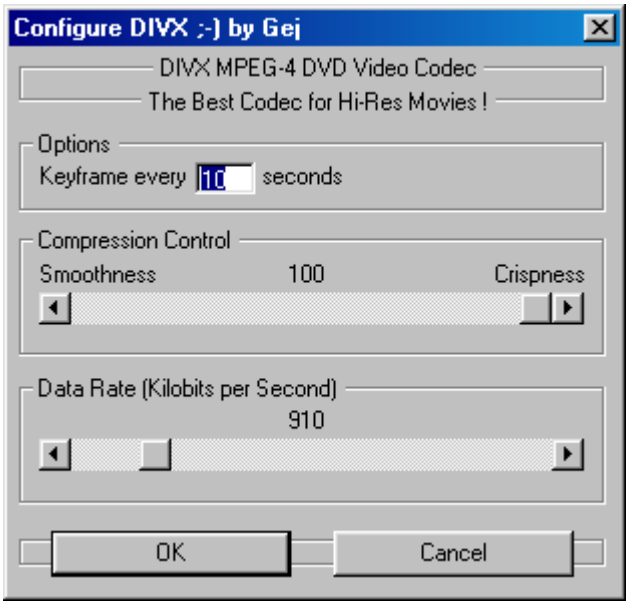
Ce codec est impressionnant par sa qualité et son facteur de compression (ratio de 200 dans le cas d'un film en Noir et Blanc (cf capture d'écran ci-dessus. 7000ko -> 350ko -> 40 ko !)
Son principal défaut est le temps nécessaire pour effectuer cette compression (8x) (=8h pour compresser 1 heure de film qualité DVD sur PIII 1GHz)
Pour nos petites séquences de quelques secondes , même une machine peu puissante exécutera cette tache en moins d'une minute.

Il ne reste plus qu'à sauvegarder en prenant garde de pas écraser l'original non compressé.
Le format est toujours l'AVI qui encapsule tous les codecs.

Il est possible de gagner encore de la place en spécifiant dans VirtualDUB "No Audio" dans le menu Audio

Le codec (codeur / décodeur) étant un logiciel installé dans Windows, tous les logiciels pourront lire ce type de fichiers (Donc tous les logiciels de pointage)

Cette compression n'est évidemment pas nécessaire dans le cadre du TP.



Pierre Guidicelli nov 2001
Académie de Lyon
pierre.guidicelli@free.fr

Deuxième Partie

Nous allons détailler à l'aide de nombreuses captures d'écran le paramétrage des deux WebCam Philips (**TouCam** et **Vesta**).
Le pointage s'effectuera avec **AVIMECA v2.3** .
Le traitement des coordonnées avec la version DOS de **REGRESSI** qui est largement répandue.
Tous les autres logiciels de pointage et de traitement peuvent évidemment se substituer à ces deux logiciels.

- Il faut tout de même remarquer que ce TP est relativement délicat à réaliser car il utilise l'outil informatique tout au long de la séance.

- Les principaux points épineux sont les suivants :

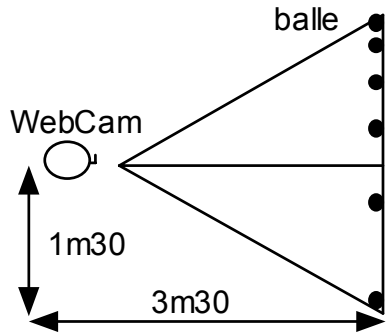
  - Réglages pointus de la WebCam afin d'obtenir une vidéo utilisable sans image(s) perdue(s)
  - Utilisation pendant une même séance de TP de quatre logiciels différents (Logiciel de capture , d'affichage de vidéo , de pointage et de traitement mathématique)
  - Nombreuses manipulations informatiques pour charger et sauvegarder les fichiers dans l'arborescence du disque dur ou placer la vidéo en réseau.

- Les **manipulations informatiques** peuvent totalement **occulter** l'étude **physique** du phénomène

Les réglages et la capture elle-même pourront être réalisés par le professeur tandis que les élèves effectueront le pointage sur le fichier vidéo et les différentes modélisations.

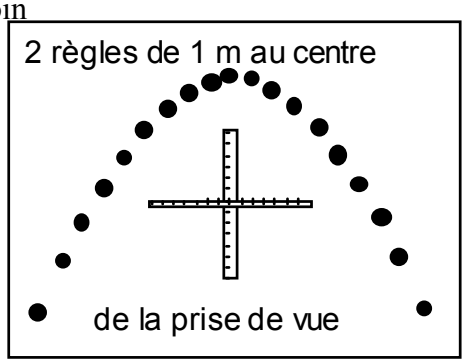
Deux manipulations seront présentées :

- la chute libre d'une balle de golf sans vitesse initiale (densité élevée = transitoire suffisamment long) lâchée d'environ 2m50 du sol .
- La chute libre avec vitesse initiale quelconque (tir parabolique)



Une balle de golf sur un fond noir ou sombre convient parfaitement.

La **VESTA** est placée à 1m30 du sol , le plan vertical de la chute de la balle se trouve à environ 3m30. La **TOUCAM** doit être placée plus loin de la scène (environ 5m) (focale plus grande)



Deux règles de 1 m au centre de la prise de vue (limitation des erreurs dues aux aberrations géométriques).

J'indique dans la suite de ce document les réglages nécessaires pour les deux WEBCAM (**TOUCAM et VESTA**).
En effet, même si les pilotes des deux webCam diffèrent légèrement, les réglages sont similaires (même constructeur)

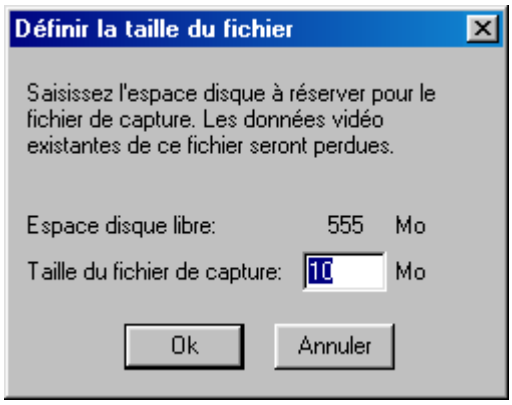
AVIMECA 2.3 est utilisé du fait de sa simplicité malgré le fait que l'on ne puisse choisir, ni le sens des axes, ni l'image qui servira d'origine des temps.

Je ne détaillerai pas l'utilisation de **REGRESSI** pour faire les modélisations .

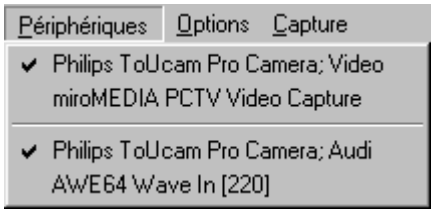
ETAPE 1 : REGLAGES ET ACQUISITION DU FILM AVEC TOUCAM

- *Définir le fichier de capture* permet d'indiquer où va être stockée la vidéo et le nom du fichier : nommez –le « capture 29oct2001.avi »

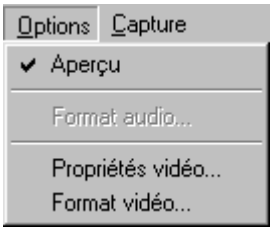
- *Attribuer de l'espace pour les fichiers* (Compter 2Mo par seconde en 320*240 à 25 i/s) Nous mettrons 10Mo



- Le menu Périphériques doit être ainsi

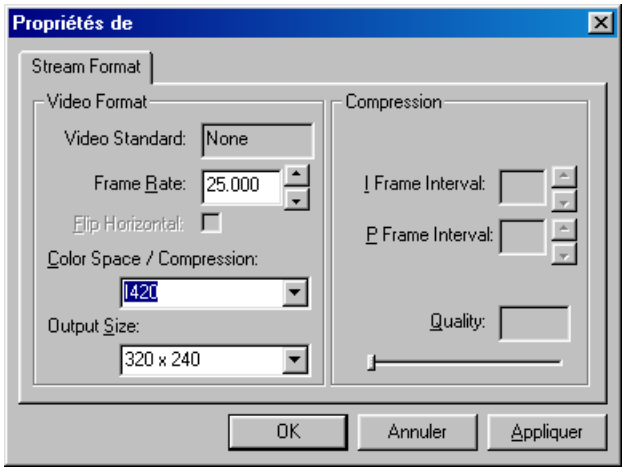


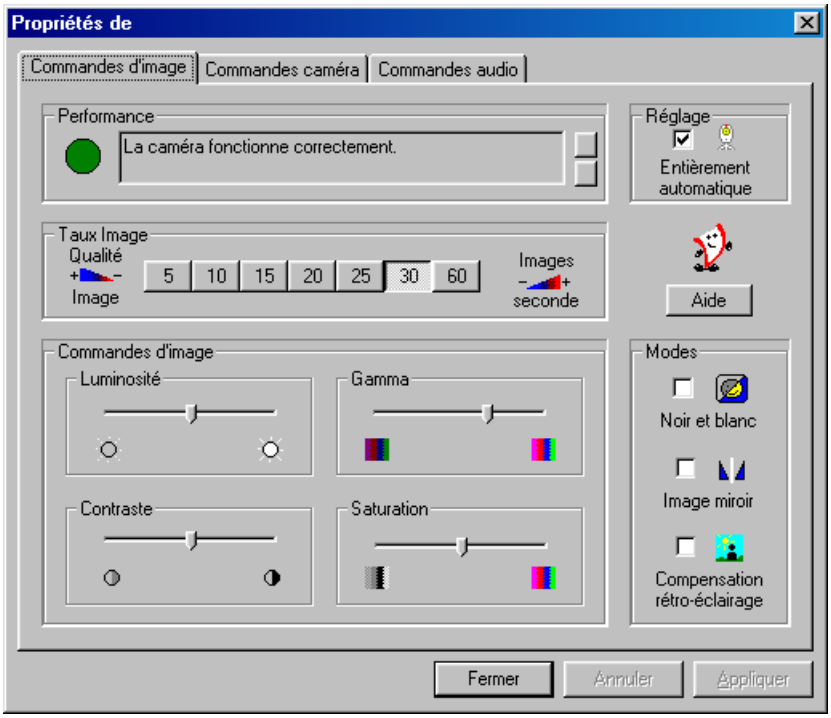
Le menu Option est le plus utilisé.



- ***Aperçu*** permet afficher un aperçu en direct des images de la caméra à l'écran. Cette option permet de contrôler l'effet du paramétrage à l'écran. (On désactivera cette option en fin de paramétrage afin de décharger le processeur)

- Dans ***Format vidéo*** : Choisir un Frame Rate de 25 image /s (T=40ms)
  I420 est le codec de compression utilisé
  320*240 correspond à la taille de l'image





Propriétés vidéo contient trois onglets :

- Dans l'onglet ***Commandes d'images***

Cocher ***Réglage Entièrement automatique***
La Caméra va automatiquement optimiser la vitesse d'obturation, le gain et la balance des blancs afin d'obtenir une image de qualité maximale.

Ce réglage automatique est étonnament efficace et donne des résultats saisissants même en faible lumière. Il nécessite quelques secondes.
Nous allons maintenant repasser en mode manuel :

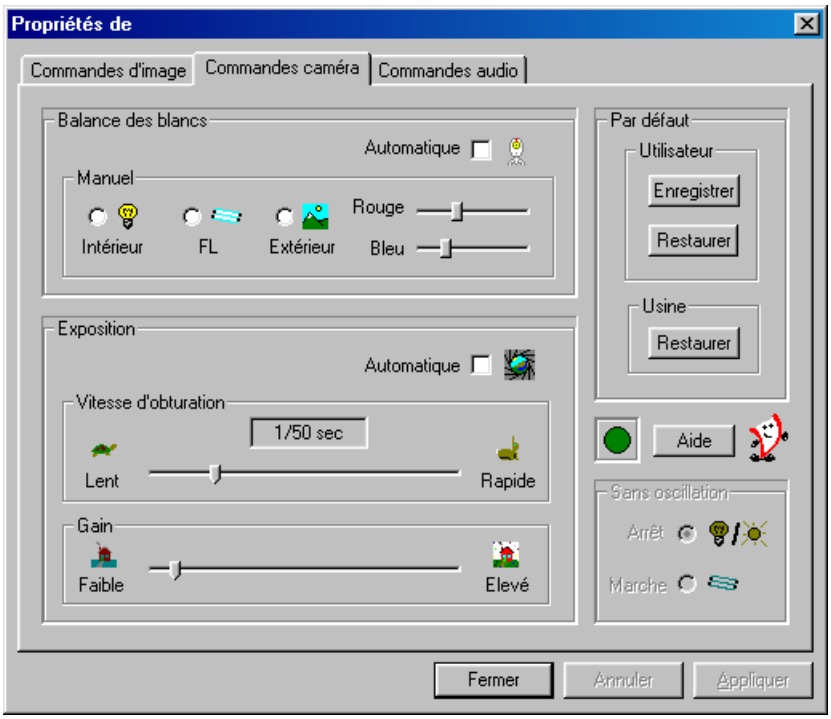
- Décocher ***Réglage Entièrement automatique*** et passer à l'onglet Commandes Caméra

- Désactiver la ***balance des blancs automatique*** (Ainsi le logiciel travaillera moins lors de la capture)

- Désactiver ***l'exposition automatique***

La caméra vous indique la vitesse d'obturation choisie lors du réglage tout automatique (ici 1/50 s)

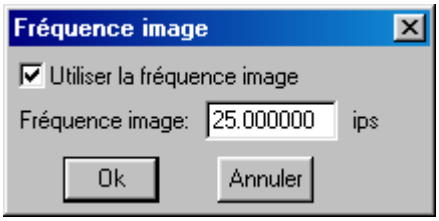
- Augmenter à l'aide des curseurs la vitesse d'obturation (1/100s ou 1/250s) ainsi que le gain afin d'avoir une image contrastée sans être saturée.

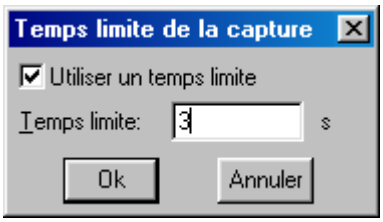


Dans le Menu Capture

- Désactiver la ***capture de l'audio*** (pas de son)

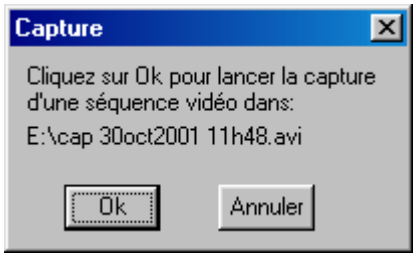
- Définir la ***fréquence image*** à 25 images par secondes (ips) c'est ici que l'on choisit le Frame Rate)





- Le ***temps limite*** de la capture stoppe l'enregitrement au bout de 3 secondes . (suffisant pour une chute sans vitesse initiale)

- Revenir dans le menu Option afin de ***désactiver l'aperçu*** : cela allègera la tâche de l'ordinateur (moins d'images perdues)



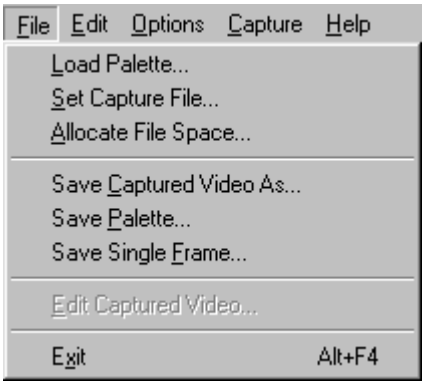
- Nous pouvons maintenant ***lancer la capture*** qui débutera environ une demi seconde après l'appui sur OK. Il faudra donc lacher la balle environ une seconde après l'appui sur OK

Le film est stocké, ici, sur la partition E sur mon disque dur le plus rapide.

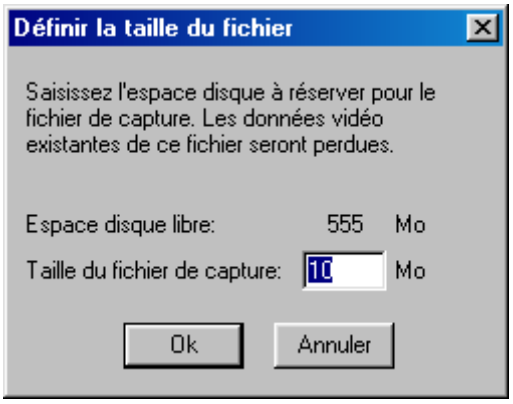
Interessons nous maintenant aux réglages pour la **VESTA PRO**:

ETAPE 1 : REGLAGES ET ACQUISITION DU FILM AVEC VESTA PRO

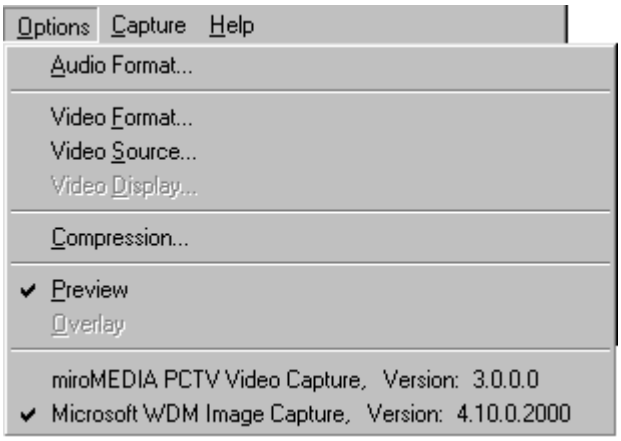
- ***Set Capture File*** permet d'indiquer où va être stockée la vidéo et le nom du fichier : nommez –le « capture 29oct2001.avi » par exemple. Par défaut il est stocké sur C : et s'appelle CAPTURE.AVI



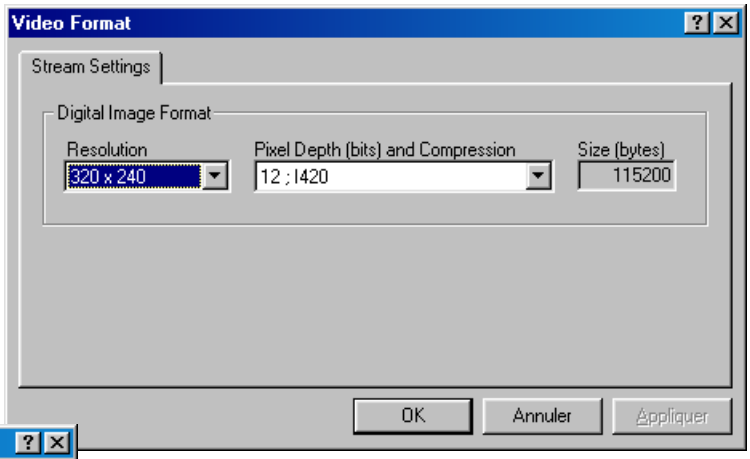
- ***Allocate File Space*** Permet d'attribuer de l'espace pour les fichiers (Compter 2Mo par seconde En 320*240 à 25 i/s) Nous choisirons 10Mo



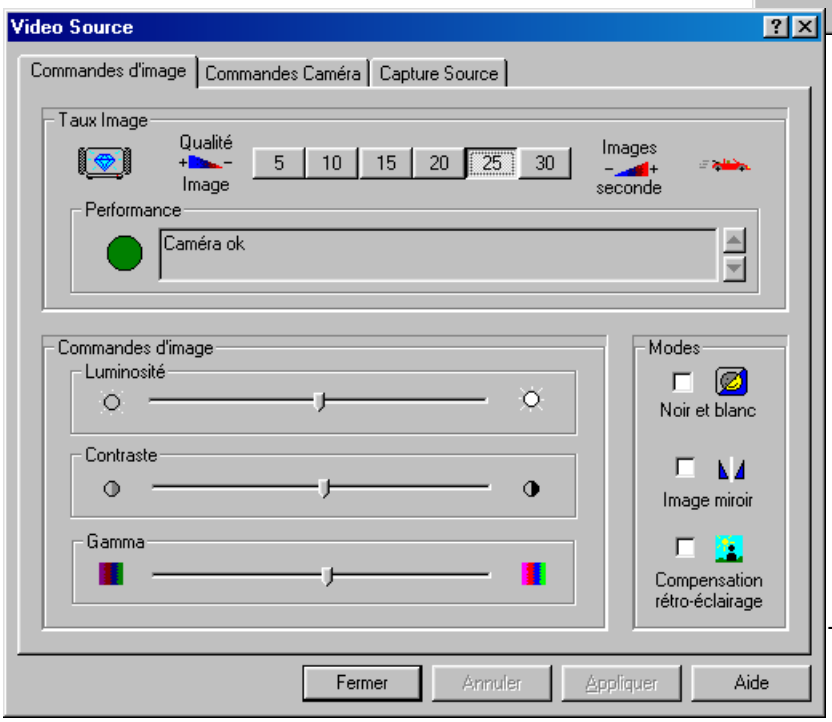
- Le menu Option est le plus utilisé.



- ***Preview*** permet afficher un aperçu en direct des images de la caméra à l'écran. Cette option permet de contrôler l'effet du paramétrage à l'écran.
(On désactivera cette option en fin de paramétrage afin de décharger le processeur)



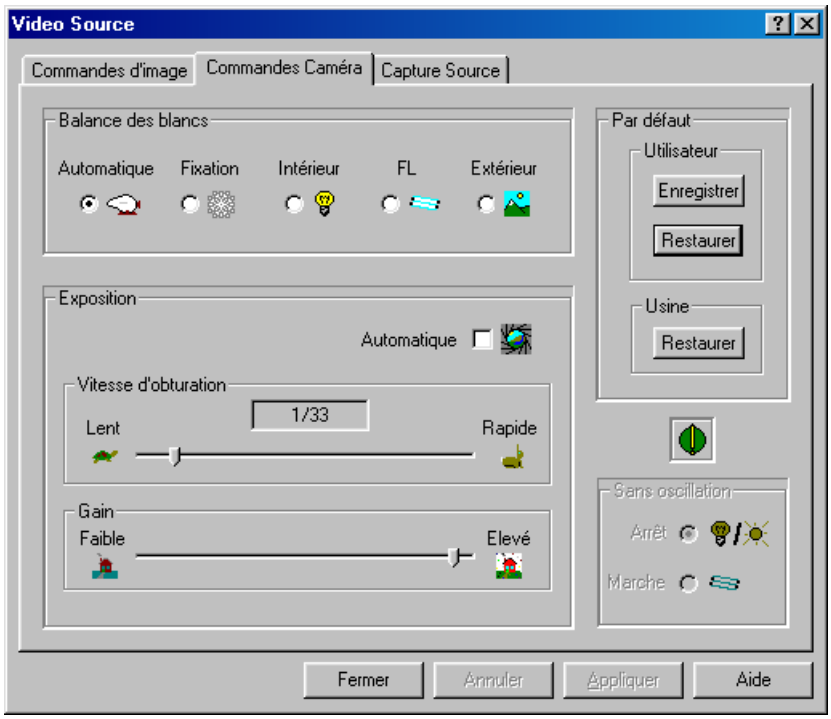
- Dans ***Video Format*** :
320*240 correspond à la taille de l'image
I420 est le codec de compression utilisé
12 la profondeur des couleurs (4096 Couleurs)



Video Source contient trois onglets :

Dans l'onglet ***Commandes d'images***
Le **Taux Image** règle la qualité générale de l'image (pas de réglage automatique ce qui n'est pas génant puisqu'on ne l'utilise pas).
Il ne modifie pas le Frame Rate

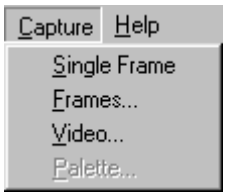
- Désactiver ***l'exposition automatique***



La caméra vous indique la vitesse d'obturation choisie lors du réglage en mode automatique (ici 1/33 s)

- Augmenter à l'aide des curseurs la vitesse d'obturation (1/100s ou 1/250s) ainsi que le gain afin d'avoir une image contrastée sans être saturée.

Dans le Menu Capture



- Sélectionner Video

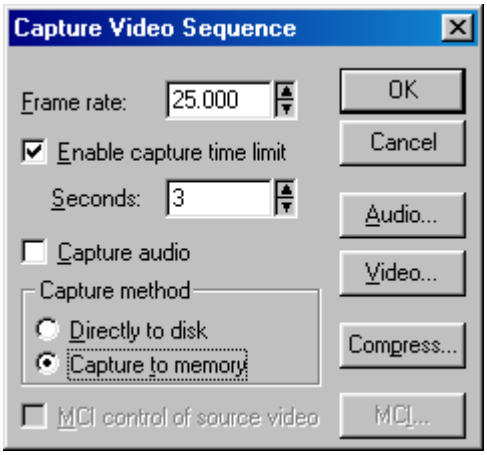
- Définir la ***Frame Rate*** à 25 image par secondes (ips

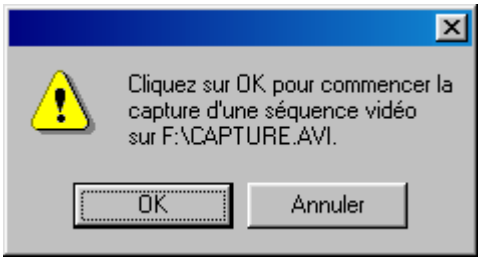
- ***Enable capture time limit*** stoppe l'enregitrement au bout de 3 secondes . (suffisant pour une chute sans vitesse initiale)

- ***Décocher Capture Audio*** (pas de son)

- ***Capture to memory:*** Enregistre la video en mémoire vive qui a un accés plus rapide que le disque dur . **(PAS DISPONIBLE SUR LE DRIVER DE LA TOUCAM)**

- Revenir dans le menu Option afin de ***désactiver le preview*** : cela allègera la tâche de l'ordinateur (moins d'images perdues)





- Nous pouvons maintenant ***lancer la capture*** qui débutera environ une demi seconde après l'appui sur OK. Il faudra donc lacher la balle environ une seconde après l'appui sur OK

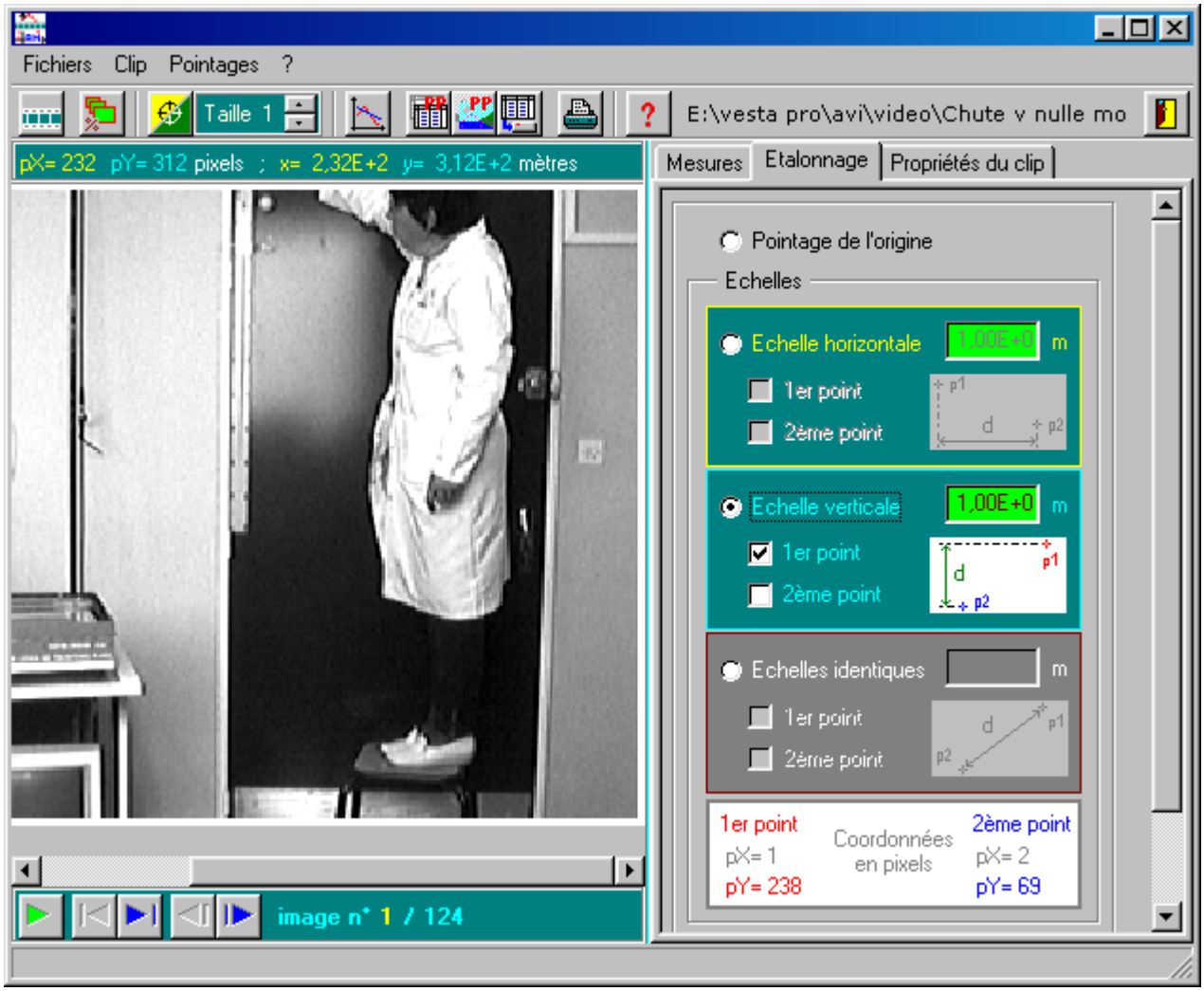
Le film est stocké, ici, sur la partition F de mon disque dur le plus rapide. Il s'appelle capture.AVI

Il peut être judicieux de sauvegarder le fichier vidéo directement dans le dossier contenant AVIMECA qui ouvre ce dossier par défaut: (limitation des opérations de recherche dans l'arborescence d'un disque dur inconnu)

ETAPE 2 : VISIONNAGE DU FILM

Un simple double clic sur le fichier AVI doit lancer **WINDOWS MEDIA PLAYER**
Cela permet de vérifier la qualité du film, l'intégralité de la chute dans le film, l'horizontalité .
(Il est possible de visionner le film dans tous les logiciels de pointage)

ETAPE 3 : POINTAGE DE CHAQUE IMAGE



- Effectuer l'étalonnage vertical en pointant successivement les deux extrémités de la règle de 1 mètre après avoir sélectionné 1er point et 2ème point
- Pointer l'origine (Le premier point par exemple). Ici, le choix de l'origine importe peu
- Il est possible de zoomer sur la partie intéressante du film : la chute . Il faut noter qu'à ce moment précis c'est plutôt la tête de l'élève filmé qui interesse les autres élèves plutôt que la chute !

Cette fonction zoom (max 200%) permet de réduire les erreurs de pointage lors de l'étalonnage et de la chute.

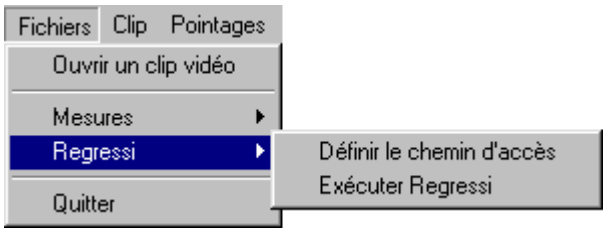
- Il est possible d'afficher les axes mais pas de choisir leur orientation (valeurs de y négatives)

- Le pointage de la balle sur chaque image remplit automatiquement les lignes du tableau.

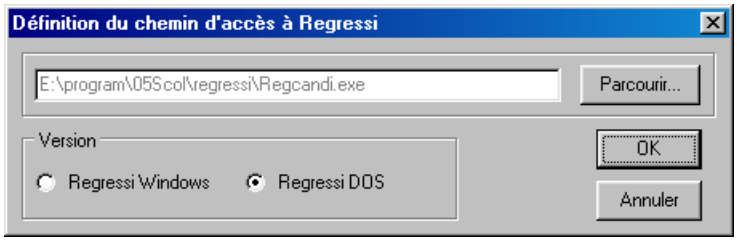
Chaque pointage fait passer à l'image suivante du film

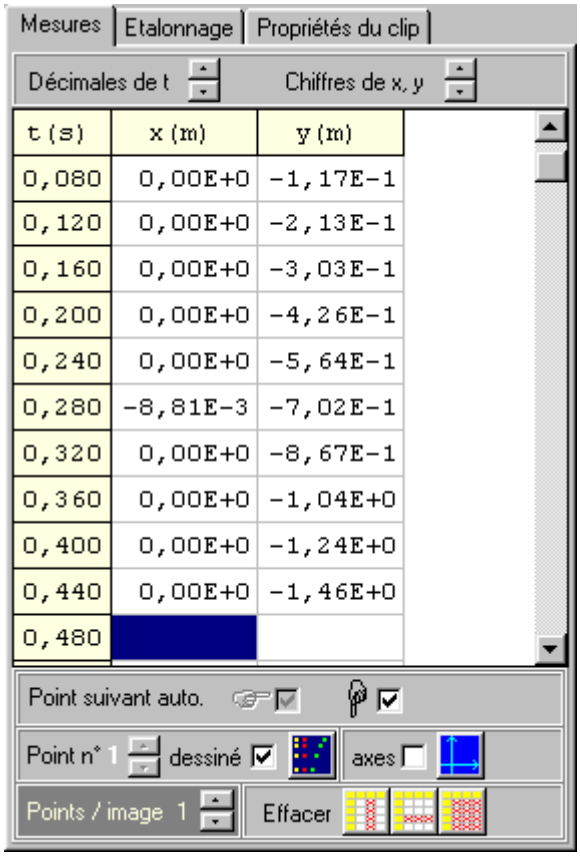
Aviméca permet de lancer directement **REGRESSI** avec les mesures obtenues dans **AVIMECA** sans avoir à sauvegarder le fichier .RRR sur le disque .

Cela limite les manipulations de recherche de fichier.



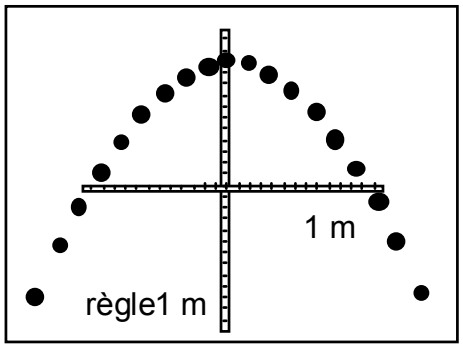
Mais ll faut auparavant, définir le chemin d'accés de REGRESSI (DOS ou Windows)





t (s)	x (m)	y (m)
0,080	0,00E+0	-1,17E-1
0,120	0,00E+0	-2,13E-1
0,160	0,00E+0	-3,03E-1
0,200	0,00E+0	-4,26E-1
0,240	0,00E+0	-5,64E-1
0,280	-8,81E-3	-7,02E-1
0,320	0,00E+0	-8,67E-1
0,360	0,00E+0	-1,04E+0
0,400	0,00E+0	-1,24E+0
0,440	0,00E+0	-1,46E+0
0,480		

L'étape de l'étalonnage est essentielle pour la suite des calculs. C'est elle qui permettra de quantifier par modélisation certaines grandeurs inconnues.



Il est important que les **repères verticaux et horizontaux** (règles) permettant d'effectuer l'étalonnage soient situés **au centre de la prise de vue** afin de limiter au maximum les erreurs de pointage (aberrations géométriques dues à la courte focale de la webcam).

Dans le cas d'un étalonnage imprécis on ne pourra que faire une étude qualitative (vérification de l'allure des courbes obtenues)

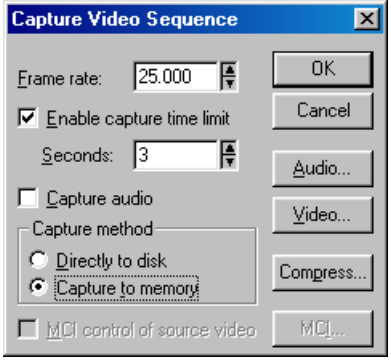
> « Les espaces parcourus en chute libre sont proportionnels aux carrés des temps, loi caractéristique du mouvement uniformément accéléré ».

Dans ce cas le coefficient de corrélation fourni par REGRESSI restera excellent mais la valeur de g sera erronée. Cela correspond simplement à une dilatation de l'échelle des distances.

L'erreur d'étalonnage peut être estimée à ± 2 pixels sur chacun des deux points d'étalonnage soit une erreur maximale de 4 pixels sur les 160 correspondant à la hauteur de la règle soit environ 2 % d'erreur pour le seul étalonnage (±0,2 m.s $^{-2}$ sur la valeur de g) (à 3,30m le champ vertical est d'environ 2m)

Nous pouvons donc espérer des résultats assez précis si l'experience est correctement menée

- Aviméca permet à tout moment la modification de cet étalonnage même après le pointage de toutes les images
- L'horizontalité de la WebCam est souvent aussi source d'imprécision.



- La **VESTA** perd moins d'images que la **TOUCAM** car le driver permet d'enregistrer le film directement en mémoire sans passer par le disque dur. Par contre la qualité de la vidéo est ien moindre.

- Le bus USB dispose d'un tampon mémoire : Nous perdrons moins d'image en enregistrant la chute en début de film lorsque le tampon se remplit : Le début de l'enregistrement devra donc commencer quelques dixièmes de seconde avant le lacher de la balle

ETAPE 4 : MODELISATION DANS REGRESSI

Fichier Variable coNstante Graphe Calcul
MONIQU2 y=f(t) rad DeskJe
Pointages AviMeca

	t	x	y
	s	m	m
1	0.00000	0.00000	0.00000
2	40.0000m	0.00000	-47.9000m
3	80.0000m	0.00000	-117.000m
4	120.000m	0.00000	-213.000m
5	160.000m	0.00000	-303.000m
6	200.000m	0.00000	-426.000m
7	240.000m	0.00000	-564.000m
8	280.000m	-8.81000m	-702.000m
9	320.000m	0.00000	-867.000m
10	360.000m	0.00000	-1.04000
11	400.000m	0.00000	-1.24000
12	440.000m	0.00000	-1.46000

Les coordonnées sont directement importées dans **REGRESSI** sous forme d'un tableau t, x, y

Il sera possible d'afficher y(t), tracer Vy(t), effectuer l'étude énergétique ...

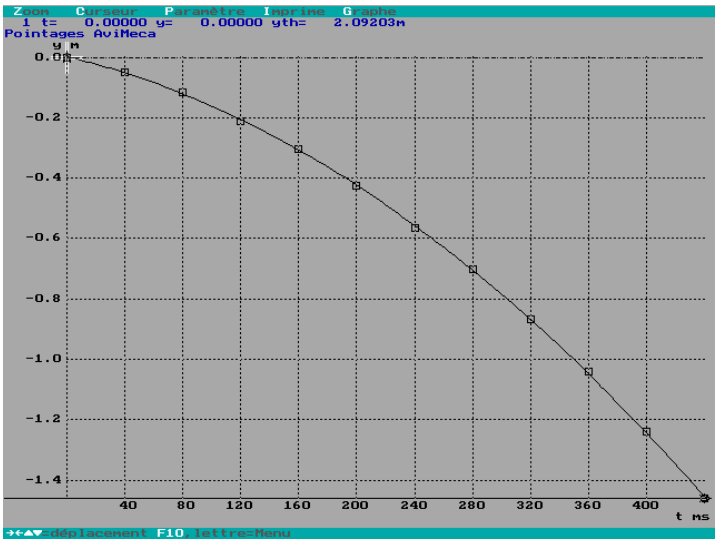
Si lors de l'enregistrement une image manque, il sera toujours possible de supprimer ce point dans le logiciel REGRESSI : Ceci ne gènera en rien la suite des mesures à condition qu'il n'y ait pas de rupture numéro image / temps pendant le pointage.

Nous pourrons ainsi effectuer toutes les modélisations souhaitées ....

... et commencer enfin à faire de la physique !

Retrouver la valeur de g par exemple
Calcul / Modélisation ...

Rmq : les valeurs de g trouvées par modélisation de y(t) , modélisation de Vy(t) ou par dérivation numérique de y(t) sont différentes du fait de la dérivation numérique effectuée sur un nombre restreint de points.



Fichier Variable coNstante Graphe Calcul Pages Edition
MONIQU2 y=f(t) rad DeskJet
Pointages AviMeca

	t	x	y
	s	m	m

Modélisation
y=0.5*g*t*t+v0*t+y0
g= -9.83 ± 0.42 v0= -1.15 ± 0.10 y0= 2.1m ??

OK Graphe F5 Recommence
Ecart relatif sur y =0.64%

8	280.000m	-8.81000m	-702.000m
9	320.000m	0.00000	-867.000m
10	360.000m	0.00000	-1.04000
11	400.000m	0.00000	-1.24000
12	440.000m	0.00000	-1.46000

ETUDE D'UNE CHUTE LIBRE PAR UN ENREGISTREMENT VIDEO. CONSERVATION DE L'ÉNERGIE MÉCANIQUE

Lyon pierre.guidicelli@free.fr

ENREGISTREMENT DU MOUVEMENT :

Le mouvement d'une balle en chute libre est enregistré à l'aide d'une webcam à raison de 25 images par seconde.
Le fichier vidéo de type .AVI est ensuite chargé dans le logiciel **AVIMECA 2** qui permet de pointer à la souris successivement chaque image du film afin d'avoir les coordonnées de la balle toutes les 40ms (= 25 images par seconde).
Le fichier contenant les coordonnées sera traité avec REGRESSI afin de faire l'étude énergétique
Nous étudierons le cas simple de la **vitesse initiale nulle** et le cas de la **vitesse initiale quelconque.**

BUTS DU TP : Vérifier que :

- Pour une vitesse initiale nulle :

  $x = x0 = cste$

  $y = -1/2 \cdot g \cdot t^2 + y_0$
- Pour une vitesse initiale quelconque

- la projection du mouvement sur l'axe horizontal est bien uniforme

  $x = V_{ox} \cdot t + x_0$

- la projection du mouvement le long de l'axe de plus grande pente est bien uniformément accéléré

  $y = -1/2 \cdot g \cdot t^2 + V_{oy} \cdot t + y_0$

- l'énergie mécanique du mobile **(Em = Ec + Ep)** est constante (pas de frottement !)

TRAVAIL PRELIMINAIRE : Faire l'étude théorique des deux problèmes : déterminer les composantes de l'accélération, de la vitesse et de la position du mobile.
Déterminer l'équation de sa trajectoire.

TRAVAIL A RÉALISER EN COMMUN AVEC LE PROFESSEUR

Acquisition de la vidéo à l'aide de la webcam et du logiciel de capture **VIDCAP** (livré avec la webcam)
Mise en réseau du fichier AVI

TRAVAIL A RÉALISER SOUS AVIMECA 2

Ouvrir par le réseau la vidéo réalisée CAPTURE.AVI
Régler dans l'onglet Etalonnage le pointage de l'origine
(Quelle est l'origine la plus adaptée à chacun de deux problèmes ?)
Régler l'échelle verticale et horizontale en pointant les extrémités des règles fixées au mur.
Effectuer le pointage sur chaque image du film
Sauvegarder ou exporter directement sous **REGRESSI DOS**

CHUTE SANS VITESSE INITIALE

1) Tracer le graphe de y(t)

- *Quelle remarque faites-vous sur l'allure de cette courbe ?*

2) Modéliser y(t) pour déterminer la loi horaire du mouvement selon l'axe Oy

- *Retrouver la valeur de l'accélération de la pesanteur*

3) Créer la variable Vy (projection de V sur l'axe Oy), faire apparaître le graphe de Vy(t) et modéliser.

- *Retrouver la valeur de l'accélération selon l'axe Oy et la comparer avec la valeur déterminée précédemment.*

4) Créer la variable **Ec** (énergie cinétique) puis faire apparaître le graphe Ec(t)

- *Commenter l'allure de cette courbe*

5) Créer la variable **Ep** (énergie potentielle) : Ep = **m . g . y** et faire apparaître le graphe Ep (t) **.**

- *Justifier l'expression de l'énergie potentielle*
- *Commenter l'allure de cette courbe*

6) Créer la variable **Em** (énergie mécanique) **Em=Ec+Ep**, faire apparaître le graphe correspondant et modéliser ...

- *Vérifie-t-on avec une précision suffisante que l'énergie mécanique est constante ?*

7) Faire apparaître ensuite les trois graphes Em(t) , Ec(t) et Ep(t) **simultanément** :

- *Imprimer les courbes et éventuellement le tableau des résultats*

CHUTE AVEC VITESSE INITIALE QUELCONQUE

1) Tracer le graphe de x(t) et y(t) :

2) Modéliser x(t) et y(t) pour déterminer la loi horaire du mouvement selon les axes Ox et Oy

3) Créer la variable Vx et Vy avec **Variable Nouvelle Dérivée** et faire apparaître le graphe Vx(t) et Vy(t), puis modéliser.

- *Vérifier que la valeur de Vx est pratiquement constante et égale à la valeur trouvée précédemment*
- *Retrouver la valeur de l'accélération selon l'axe Oy et la comparer avec la valeur déterminée précédemment.*
- *En utilisant les valeurs de Vx(t=0) et de Vy(t=0) calculez la valeur de l'angle α entre le vecteur vitesse initial et l'horizontale.*

4) Créer la variable **V** (Vitesse du mobile) : V = **SQRT ((Vx * Vx) + (Vy * Vy))**

"SQRT" signifie " racine carrée" (***square-root)***

5) Créer la variable **Ec** (énergie cinétique) puis faire apparaître le graphe Ec(t)

- *Commenter l'allure de cette courbe*

6) Créer la variable **Ep** (énergie potentielle) :

Ep = **m . g . y** et faire apparaître le graphe Ep (t) **.**

- *Justifier l'expression de l'énergie potentielle*
- *Commenter l'allure de cette courbe*

7) Créer la variable **Em** (énergie mécanique) **Em=Ec+Ep**, faire apparaître le graphe correspondant et modéliser ...

- *Vérifie-t-on avec une précision suffisante que l'énergie mécanique est constante ?*

8) Faire apparaître ensuite les trois graphes Em(t) , Ec(t) et Ep(t) **simultanément** :

- *Imprimer les courbes et éventuellement le tableau de mesures*

CONCLUSION ET FUTUR PROCHE

Voilà j'espère que ce document éclaircira le versant informatique de ce type de manipulation .

Ce périphérique informatique très bon marché peut être détourné de son utilisation première pour une utilisation pédagogique. **La WebCam devient un capteur de position universel.**

L'échantillonnage vidéo permet de capturer de nombreux types de mouvements moins classiques que ceux présentés dans ce document :

- **Oscillateurs harmoniques mécaniques**
  - Pendule simple : Isochronisme pour les faibles amplitudes
  - Pendule pesant
  - Pendule de torsion

- **Oscillateurs anharmoniques mécaniques**
  (oscillations verticales d'une masse pendue à un fil en caoutchouc, oscillations transversales)

- **Oscillations libres et forcées**

- **Ondes progressives et stationnaires** . En vitesse lente **la webcam est un œil à forte persistance rétinienne** !

- Mouvements sur **table à coussin d'air** (Webcam au plafond !) Chocs divers ...

- **Couplage d'oscillateurs** (par élasticité ou par inertie)

- **Cuve à Onde**s : hyperboles d'interférences, mesure de longueur d'onde.

- **Stroboscopie** : Disque à 23 tours /s prise de vue à 25 i/s : Mouvement rétrograde

Battements divers entre le phénomène étudié et le FrameRate

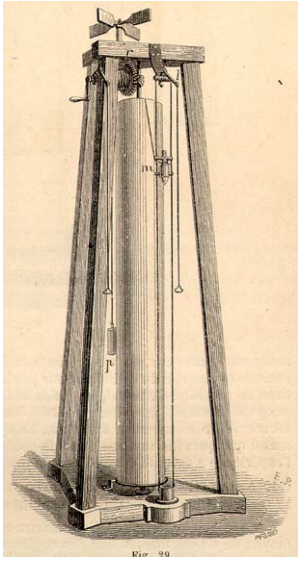
- **Optique :** Etudes de figures d'interférences et de diffractions , mesures d'interfranges

- **Hydrodynamique :** mesure de hauteur d'eau , de forme de jet.

La prochaine avancée technologique pour ce type de capteur sera logicielle. En effet, la puissance des ordinateurs actuels couplée au développement récent des logiciels de traitement d'images permettront de faire de la **reconnaissance de formes en temps réel**.

Le logiciel isolera par **différence de contraste** (repère autocollant catadioptrique) le mobile de l'arrière-plan . Après étalonnage, l'ordinateur fournira en continu les coordonnées du mobile sans avoir à faire de pointage. ! Le nombre de coordonnées relevées pourra être ainsi bien plus élevé.

Je pense que d'ici là, nous regretterons les machines de **MORIN**, de **LEFEBVRE** et d'**ATWOOD !** , machines où le principe de la mesure était simple et clairement identifiable.



http://www.inrp.fr/she/instruments/instruments.htm

Machine de Lefebvre