



Les empreintes digitales

Comment révéler et exploiter les traces
digitales laissées par un individu ?

Sommaire

I - L'enjeu des empreintes digitales

- ❖ L'identification biométrique
- ❖ La dactyloscopie

II - Expériences : révélations et analyses

- ❖ Ninhydrine
- ❖ Cyanoacrylate
- ❖ Poudre magnétique

III - Exploitations des résultats

- ❖ Inversion chromatique
- ❖ Amélioration du contraste
- ❖ Comparaison de traces

I - L'enjeu des empreintes digitales

- La protection de biens ou d'installations :

L'identification biométrique des empreintes permet de sécuriser les contrôles d'accès à des installations dangereuses par exemple ou à des informations confidentielles.



I - L'enjeu des empreintes digitales

- Domaine de la police scientifique :

Lorsqu'un malfaiteur manipule un objet sur les lieux d'un délit ou d'un crime, il peut laisser des traces digitales identifiables à l'aide d'une étude dactyloscopique : étude du dessin papillaire des doigts.



Arche

Tourbillon

Boucle à gauche

II – Expériences : révélations et analyses

D'après mon contact : Bernard Balac :

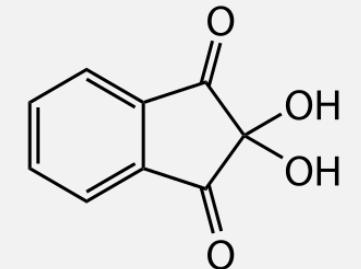
Les deux méthodes principalement utilisées par le service SLPT (Service Local de la Police Technique et Scientifique) d'Aix-en-Provence sont : la révélation à l'aide de poudre magnétique noire, et la révélation au cyanoacrylate.

Tableau I - Quelques réactifs de révélation des traces papillaires.

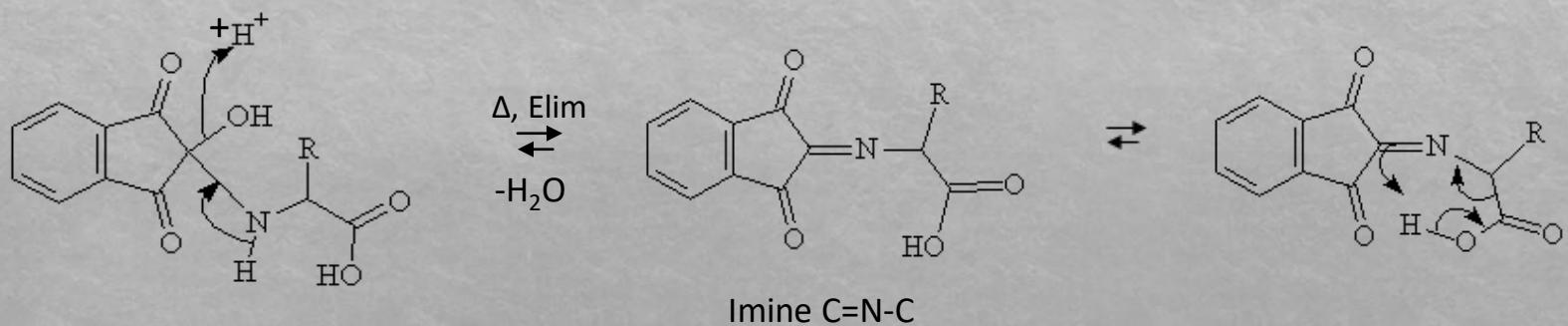
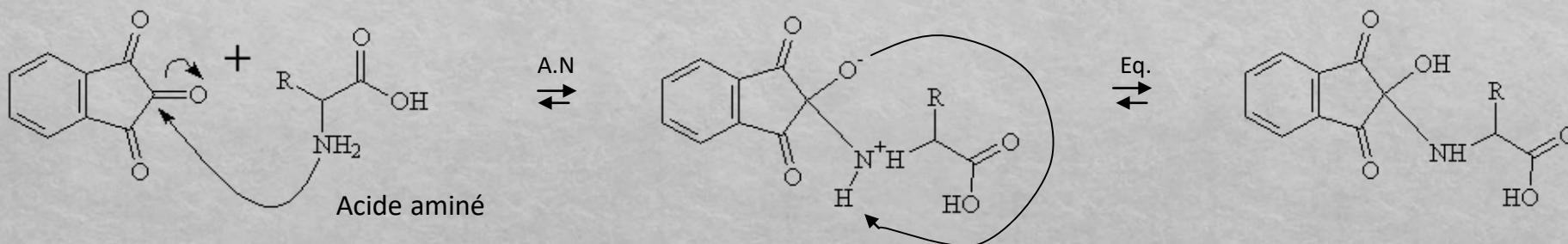
Principaux réactifs	Nature et type de surface
Cyanoacrylate	Surfaces lisses
Ninhydrine (2,2-dihydroxyindan-1,3-dione)	Surfaces poreuses
DFO (1,8 diazafluoren-9-one)	Surfaces poreuses
Poudres	Surfaces poreuses, surfaces lisses, non poreuses, caoutchouc, cuir, métal, cire
Fluorescence	Surfaces lisses, surfaces non poreuses

II – Expériences : révélations et analyses

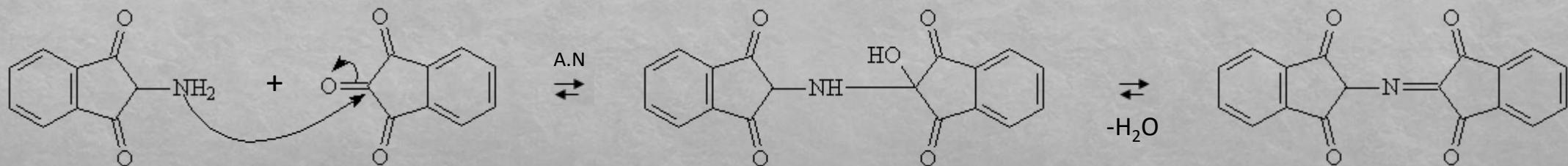
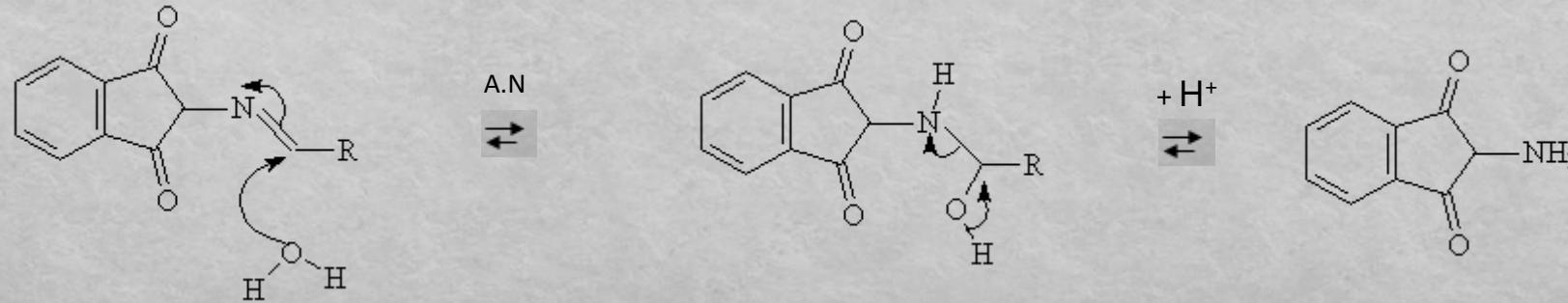
1- La ninhydrine et les acides aminés



$M(C_9H_6O_4) = 178,14 \text{ g/mol}$



II – Expériences : révélations et analyses



Amine

Couleur violette : la pourpre de Ruhemann

II – Expériences : révélations et analyses

Protocole :



Ninhydrine
 $m = 0,5 \text{ g}$



Ethanol
 $V = 20 \text{ mL}$

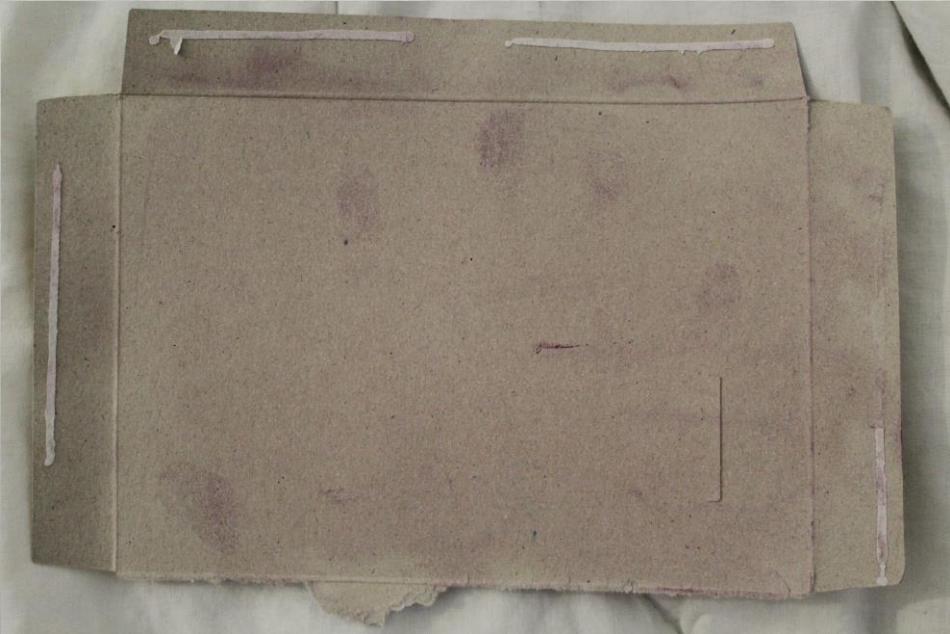


Solution 1
 $C = 0,140 \text{ mol/L}$

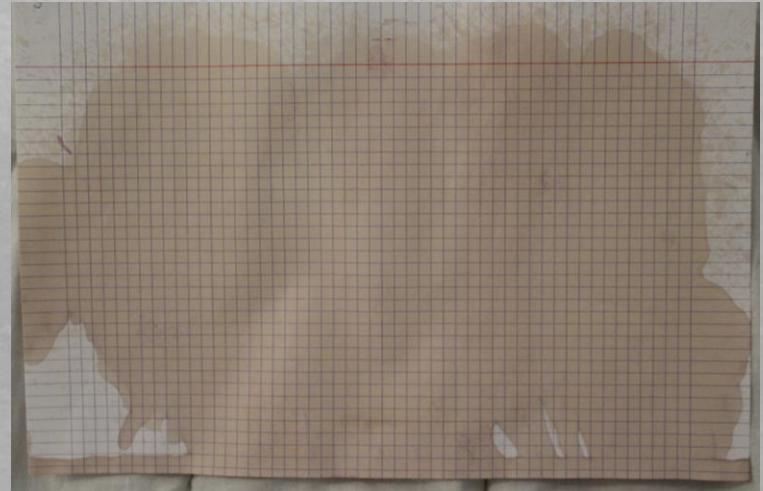
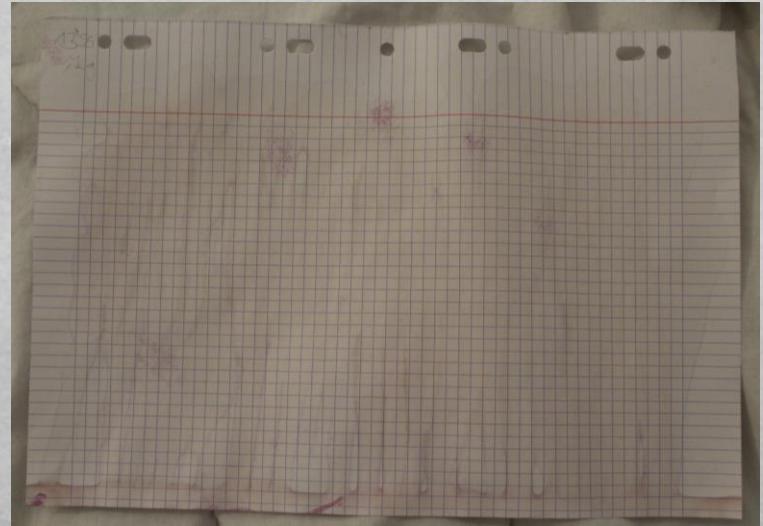


II – Expériences : révélations et analyses

Premières mises en œuvre :



Empreintes peu
et pas visibles.



II – Expériences : révélations et analyses

Empreintes peu révélées

Déposer les traces sur un support déjà imbibé de ninhydrine et changer la concentration



Support non adapté

Essayer un autre support poreux tel qu'une feuille de papier

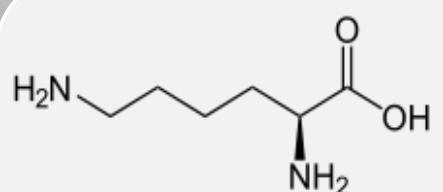
Différents problèmes sont apparus, j'ai donc cherché et trouvé des solutions.

Temps de révélation long

Chauffer le support de la réaction pour accélérer la réaction

II – Expériences : révélations et analyses

Choix de la concentration à l'aide d'une méthode spectrophotométrique :

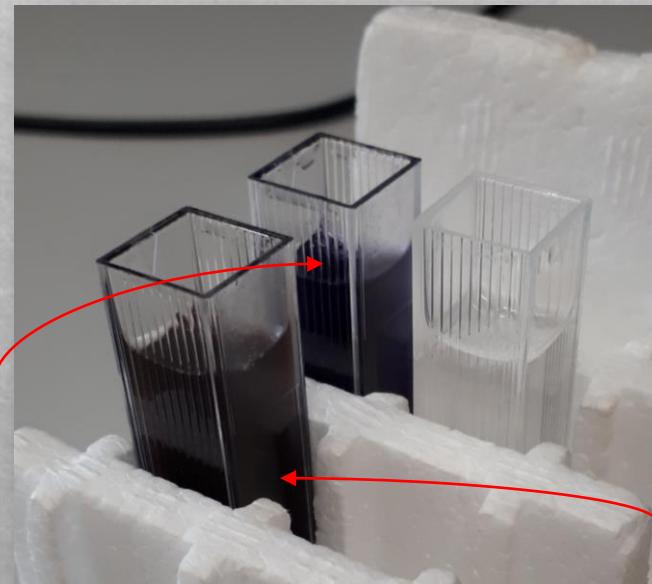


L(+)-Lysine

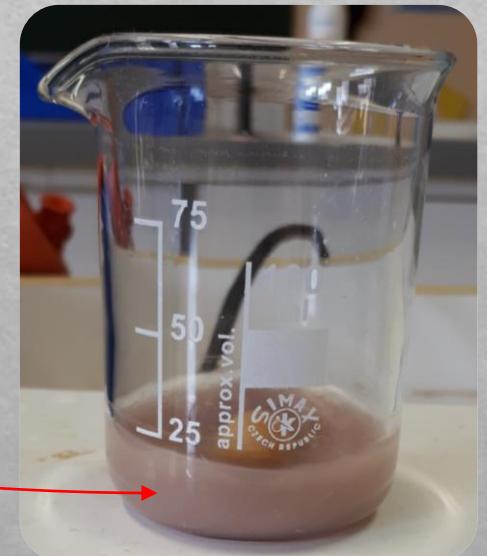
$M(C_6H_{14}N_2O_2) = 146,18 \text{ g/mol}$



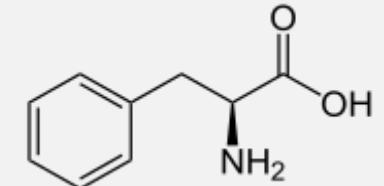
$$C_{\text{L-Lysine}} = 0,274 \text{ g/mol}$$



$$C_{\text{Ninhydrine}} = 0,140 \text{ g/mol}$$



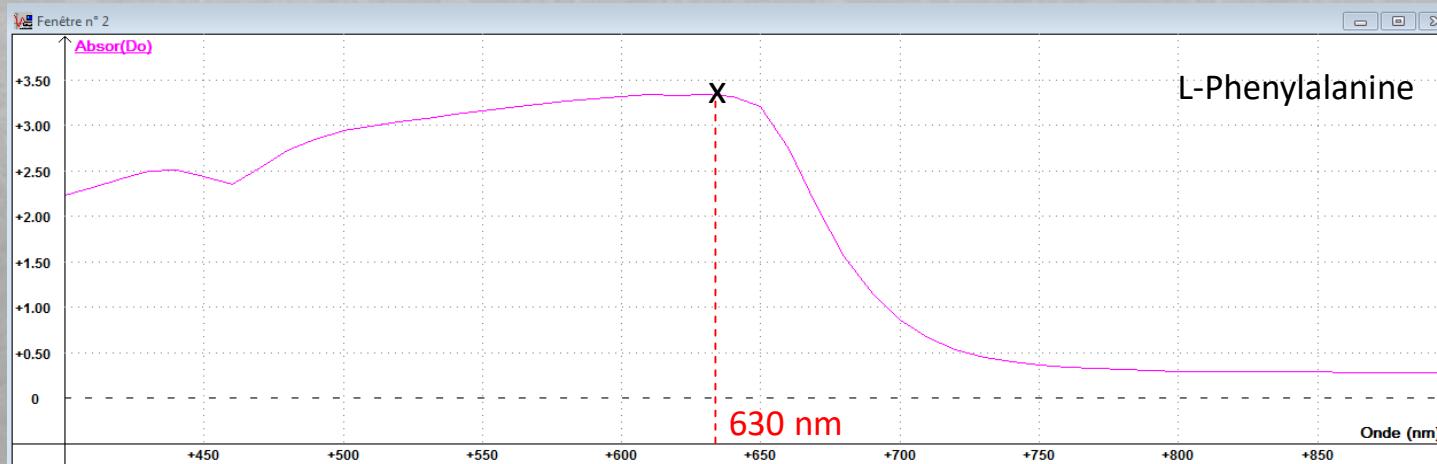
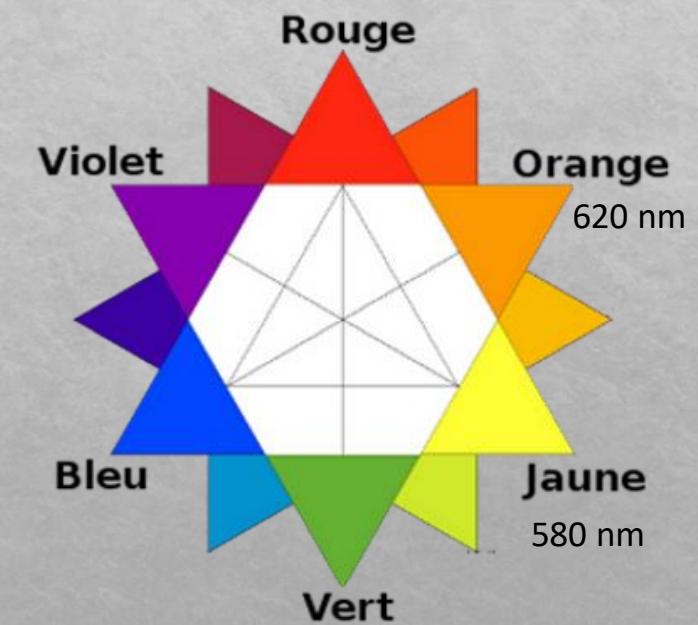
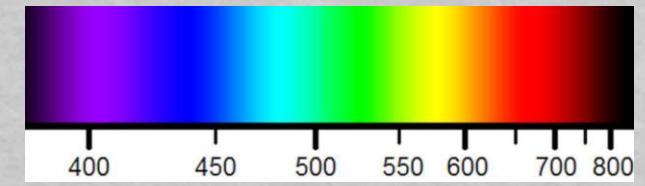
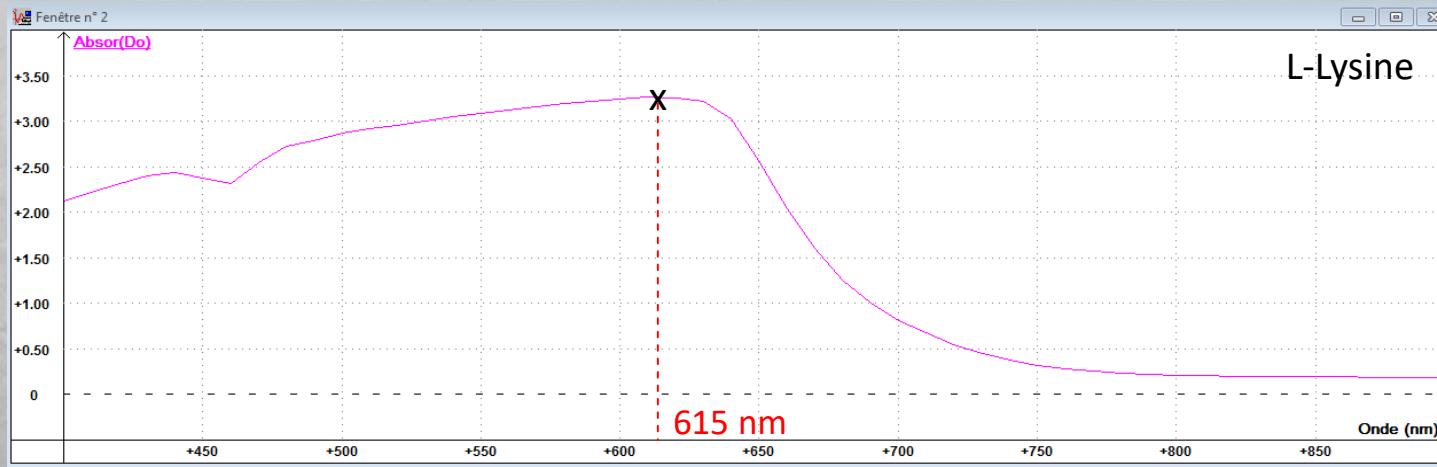
$$C_{\text{L-Phenylalanine}} = 0,242 \text{ g/mol}$$



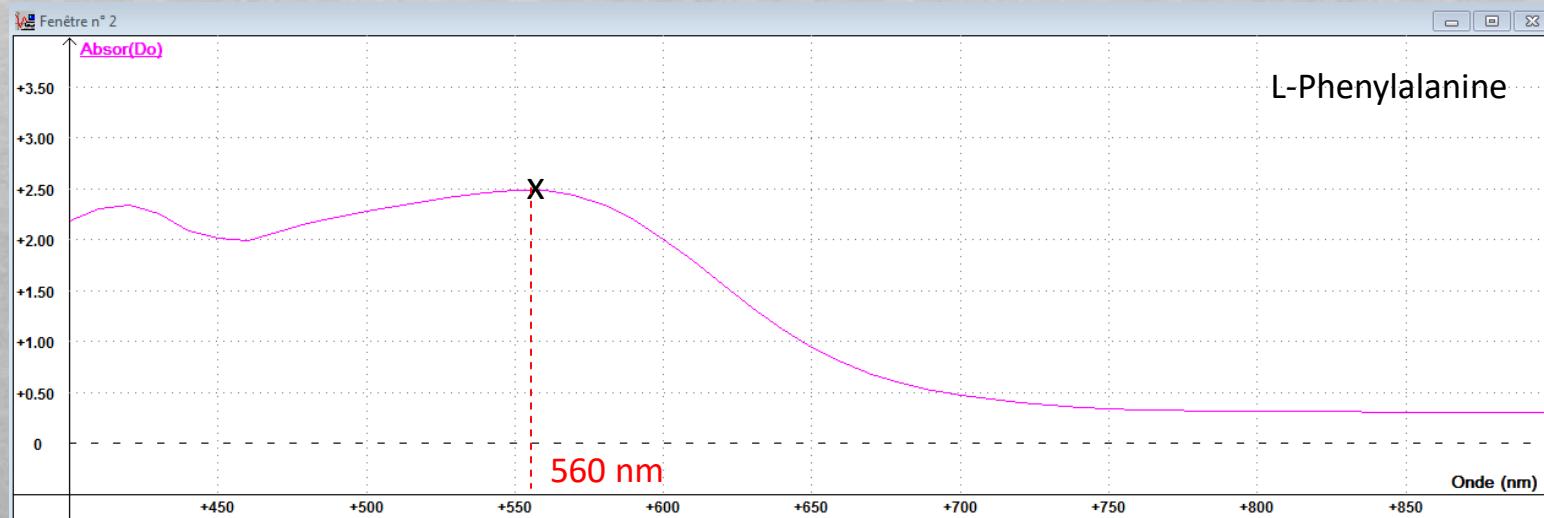
L(-)-Phénylalanine

$M(C_9H_{11}NO_2) = 165,19 \text{ g/mol}$

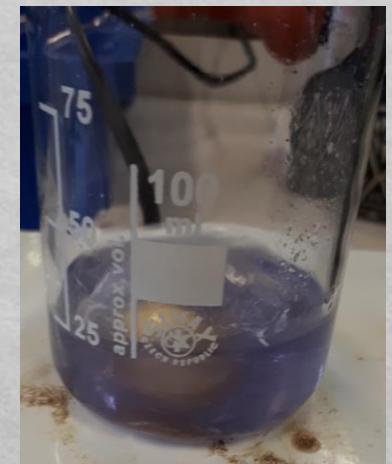
II – Expériences : révélations et analyses



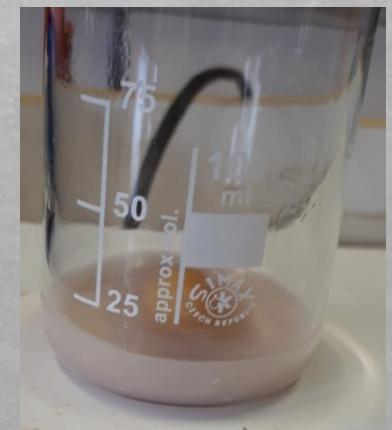
II – Expériences : révélations et analyses



$$C_{\text{Ninhydrine}} = 0,056 \text{ g/mol}$$



$$C_{\text{L-Lysine}} = 0,068 \text{ g/mol}$$



$$C_{\text{L-Phenylalanine}} = 0,060 \text{ g/mol}$$

II – Expériences : révélations et analyses

Résultats satisfaisants :



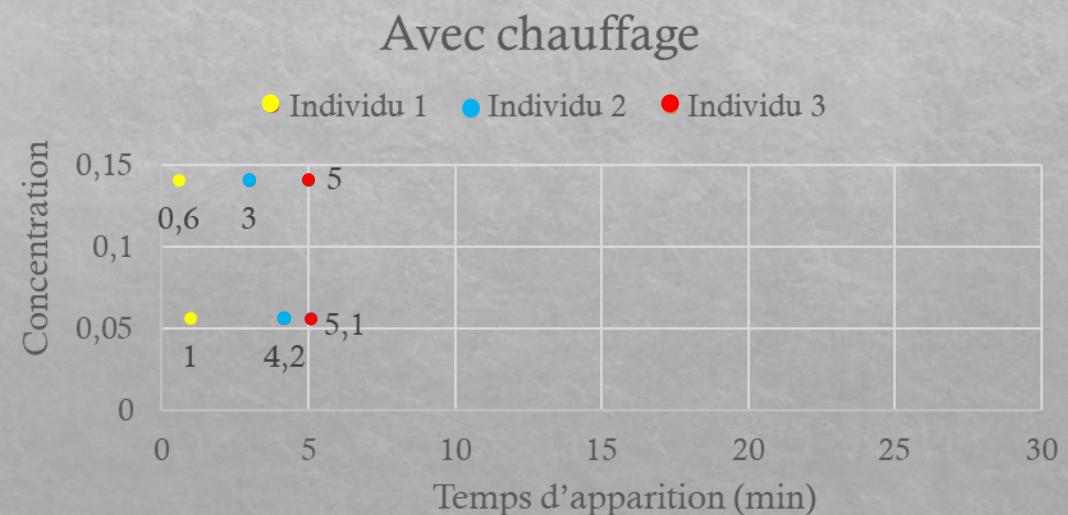
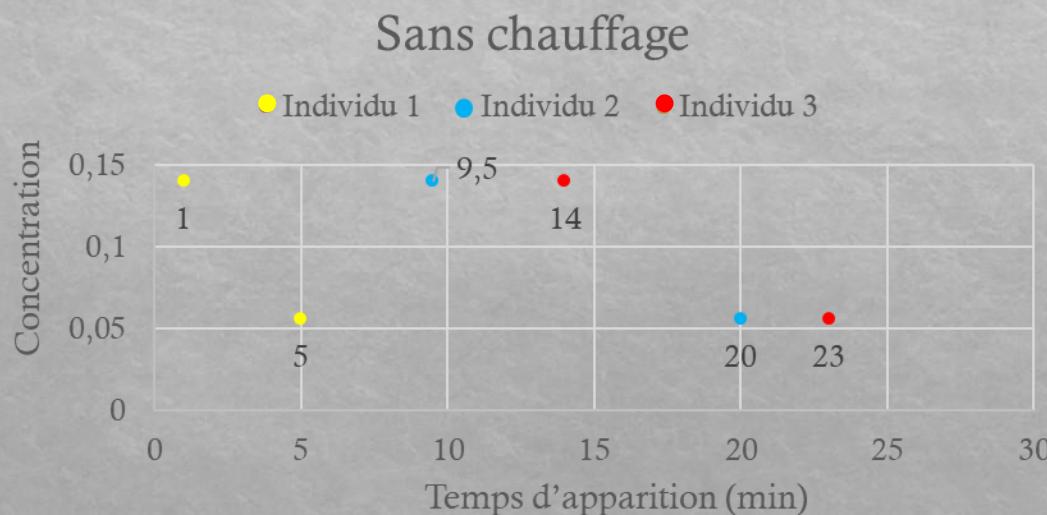
II – Expériences : révélations et analyses

$$C_1 = \frac{m_1}{M \times V} = \frac{0,5}{178,14 \times 20 \times 10^{-3}} \approx 0,140 \text{ mol/L}$$

$$C_2 = \frac{m_2}{M \times V} = \frac{0,2}{178,14 \times 20 \times 10^{-3}} \approx 0,056 \text{ mol/L}$$

Mise en évidence de plusieurs facteurs :

- Cinétique (chaleur)
- Quantitatif (concentration)
- Biologique



II – Expériences : révélations et analyses



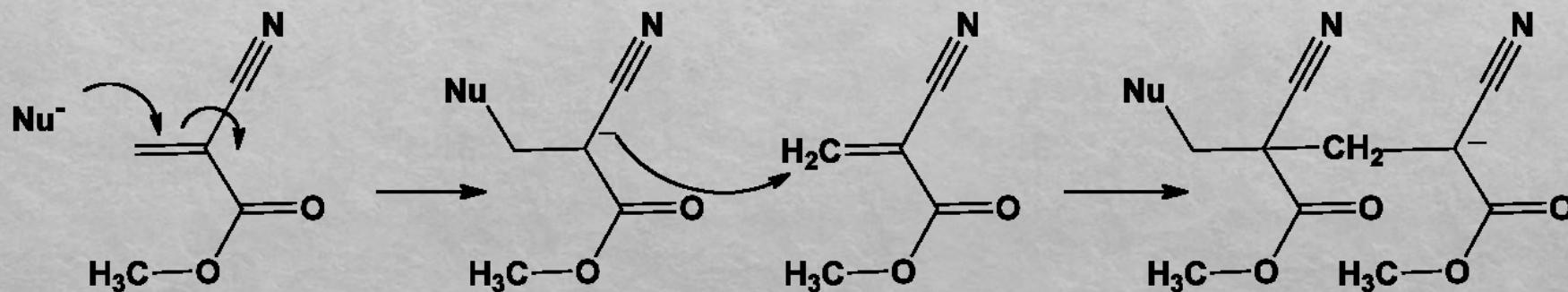
temps = 4 minutes



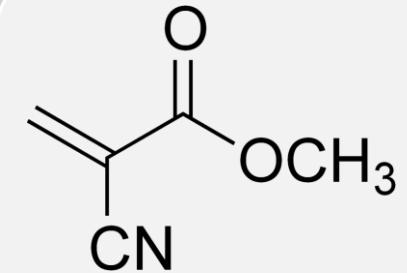
temps = 2 heures

II – Expériences : révélations et analyses

2- Le cyanoacrylate et les acides aminés



Réaction de Michael



$M(\text{C}_5\text{H}_5\text{NO}_2) = 111,09 \text{ g/mol}$

2-cyanoacrylate de méthyle

Polymère blanchâtre



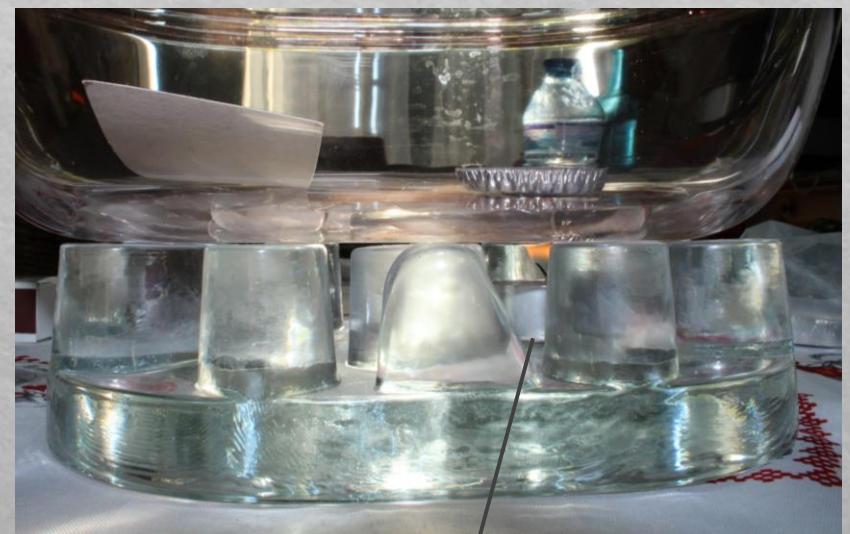
II – Expériences : révélations et analyses



Cyanoacrylate



Chauffage ponctuel de la « cloche » contenant le support de la trace digitale et du cyanoacrylate liquide dans une coupelle.



Bougie

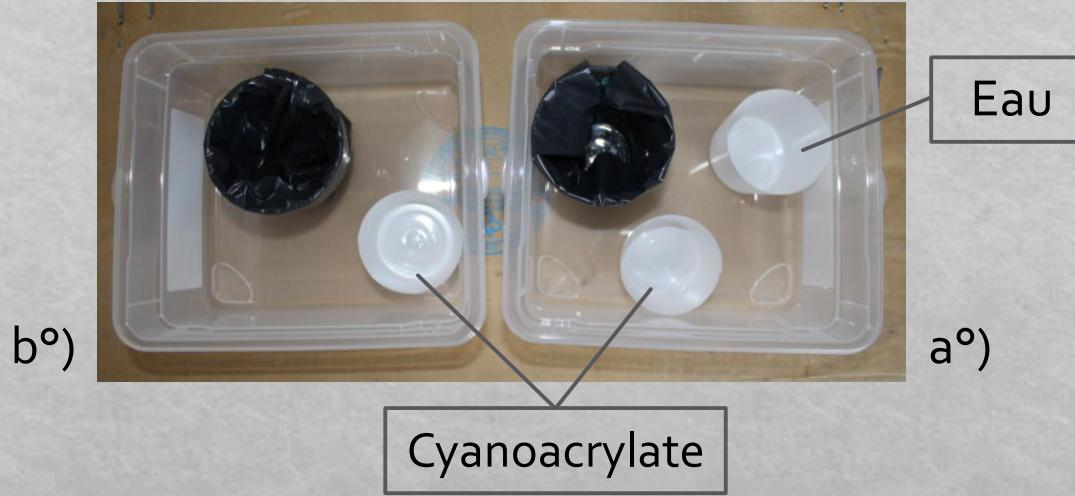
II – Expériences : révélations et analyses



Empreintes révélées sur le support



II – Expériences : révélations et analyses



Premières apparitions de tâches blanches : 12min
Apparition des empreintes : a°) 1h 17 min
b°) 1h 24 min

L'impact de l'eau est quasi-nul.

II – Expériences : révélations et analyses

2- La poudre magnétique



Révélation avec de la poudre noire et un pinceau normal



III - Exploitations des résultats

1- Inversion chromatique

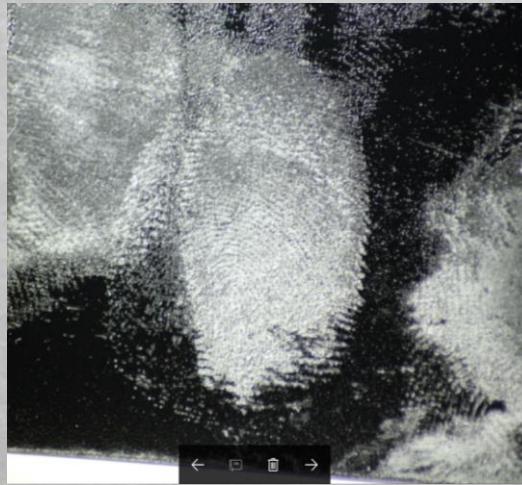
Programme python

```
import numpy as np

from PIL import Image #importation du sous-module Image du module PIL

def renomme(fichier,transformee):
    fi=fichier.split('.')[0] #split transforme "exemple.png" en [exemple,png]
    return fi+"_"+transformee+".png"

def inverse(fichier):
    im=Image.open(fichier) #ouverture d'une image au format png dans Python.
    tab=np.array(im)
    for i in range(tab.shape[0]):
        for j in range(tab.shape[1]):
            tab[i][j][0]=255-tab[i][j][0] #inversion du rouge
            tab[i][j][1]=255-tab[i][j][1] #inversion du vert
            tab[i][j][2]=255-tab[i][j][2] #inversion du bleu
    new_im=Image.fromarray(tab)
    new_im.show()
    new_im.save(renomme(fichier,"negatif"))
```



Exécution du programme

```
In [4]: runfile('E:/Johanna/PC/TIPE/Partie info/Inversion Chromatique/inversion chromatique.py', wdir='E:/Johanna/PC/TIPE/Partie info/Inversion Chromatique')

In [5]: inverse("Empreinte.PNG")

In [6]: |
```

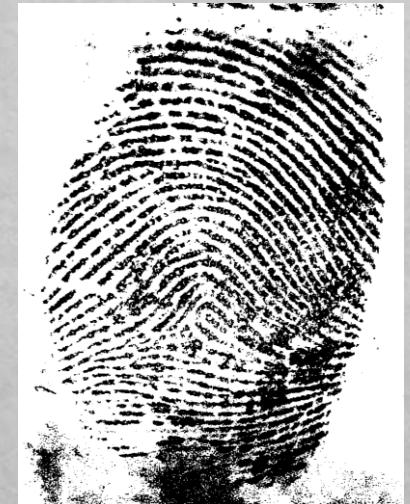
III - Exploitations des résultats

2- Amélioration du contraste

```
import numpy as np

from PIL import Image

def contraste(fichier):
    im=Image.open(fichier)
    tab=np.array(im)
    for i in range (tab.shape[0]):
        for j in range (tab.shape[1]):
            if tab[i][j][0] <=100 and tab[i][j][1] <=100 and tab[i][j][2] <=100:
                tab[i][j][0]=0
                tab[i][j][1]=0
                tab[i][j][2]=0
            else:
                tab[i][j][0]=255
                tab[i][j][1]=255
                tab[i][j][2]=255
    new_im=Image.fromarray(tab)
    new_im.show()
    new_im.save(fichier.split('.')[0] + "_contraste.png")
#split transforme "exemple.png" en [exemple,png]
```



III - Exploitations des résultats

3- Comparaison de deux empreintes

```
def nombredepoints3(fichier,v):
    im=Image.open(fichier)
    tab=np.array(im)
    L=[]
    for i in range(tab.shape[0]):
        for j in range(tab.shape[1]):
            if tab[i][j][0]>=195 and tab[i][j][1]<=100 and tab[i][j][2]<=100:
                L.append([i,j])
    nb,L3=Elim3(L,v)
    return nb, L3 #renvoie le nb de points rouges et leurs coordonnées
```

```
def Elim3(liste,v):
    L2=[]
    for i in range(len(liste)-1):
        if liste[i][0]<=liste[i+1][0]+v and liste[i][0]>=liste[i+1][0]-v:
            if liste[i][1]<=liste[i+1][1]+v and liste[i][1]>=liste[i+1][1]-v:
                #la coordonnée d'indice i est en double
                L2.append(i) #renvoie l'indice des coordonnées à supprimées
    S=0 #del diminue len(L2) à chaque itération
    for j in L2:
        del liste[j-S]
        S+=1
    return len(liste), liste #renvoie les coordonnées non supprimées
```

```
In [24]: nombredepoints3("doigt.png",4)
Out[24]:
(12,
 [[188, 716],
 [341, 572],
 [381, 458],
 [394, 702],
 [445, 626],
 [495, 319],
 [580, 592],
 [631, 487],
 [781, 596],
 [911, 734],
 [923, 586],
 [1041, 674]])
```

```
In [25]: nombredepoints3("Ninhydrine.png",4)
Out[25]:
(12,
 [[321, 587],
 [486, 433],
 [507, 321],
 [526, 541],
 [574, 477],
 [606, 182],
 [713, 440],
 [767, 347],
 [915, 455],
 [1041, 586],
 [1050, 448],
 [1141, 535]])
```

III - Exploitations des résultats

 Retourner horizontalement



III - Exploitations des résultats

3- Comparaison de deux empreintes



```
def compare(fichier1,fichier2,v,v2):
    nb1,L1 =nombredepoints3(fichier1,v)
    #nb et coordonnées des points rouges de la 1ere image
    nb2,L2 =nombredepoints3(fichier2,v)
    #nb et coordonnées des points rouges de la 2nd image
    L=[]
    x,y=abs(L1[0][0]-L2[0][0]),abs(L1[0][1]-L2[0][1])
    #décalages des lignes et des colonnes entre les 2 images
    for i in range(1,len(L1)):
        if L1[i][0]<=L2[i][0]+x+v2 and L1[i][0]>=L2[i][0]-x-v2:
            if L1[i][1]<=L2[i][1]+y+v2 and L1[i][1]>=L2[i][1]-y-v2:
                L.append(i)
    if len(L)+1==nb2 :
        return "les deux empreintes appartiennent à la même personne"
    else:
        return "les deux empreintes n'appartiennent pas à la même personne"
```

```
In [44]: compare("doigt.png","Ninhydrine.png",4,40)
Out[44]: 'les deux empreintes appartiennent à la même personne'
```

```
In [45]: compare("doigt.png","Cyano.png",4,40)
Out[45]: "les deux empreintes n'appartiennent pas à la même personne"
```

III - Exploitations des résultats

Ninhydrine :

Méthode efficace pour prélever les empreintes d'un suspect.

Poudre magnétique :

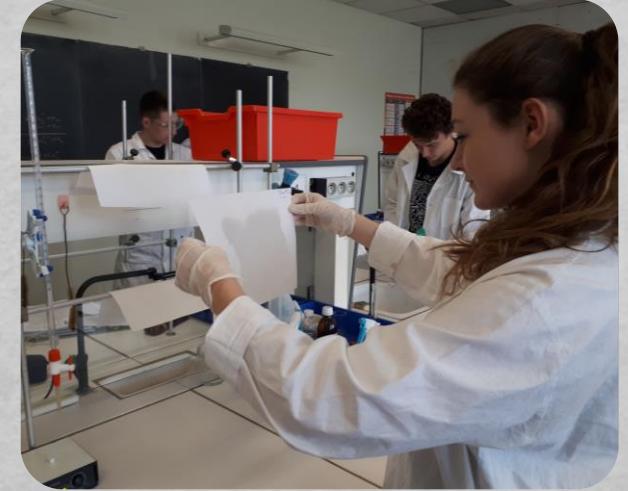
Méthode efficace pour révéler des traces digitales sur une scène de crime.

	Ninhydrine	Cyanoacrylate	Poudre magnétique
Précision	Grande	Moyenne	Grande
Mise en œuvre	Moyenne	assez complexe (vapeurs toxiques et supports lisses)	Très facile
Coût	16 €	3 €	34,06 €

Pour finir ...



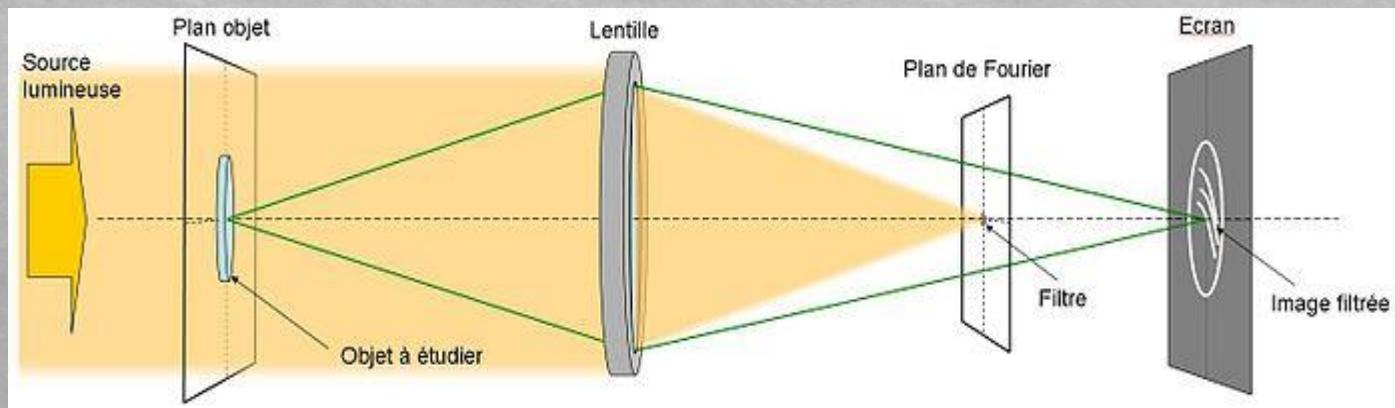
Les traces laissées ne sont que partielles, de mauvaise qualité et parfois mal conservées. A partir de quelle date, quelle qualité et quelle quantité arrive t-on à les révéler et les exploiter ?



Annexe

La strioscopie :

Les hautes fréquences ont été filtrées

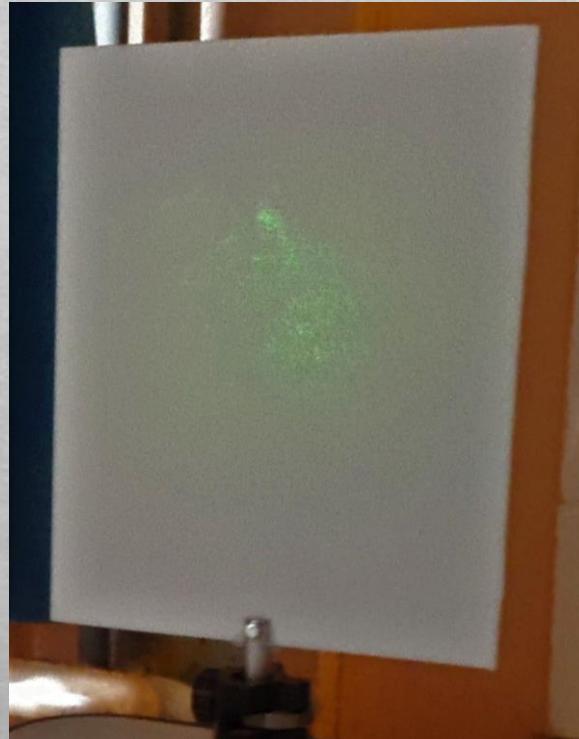


Le principe de la strioscopie est de filtrer une image, elle permet d'isoler de petits détails.

Annexe



Montage optique



Empreinte filtrée et agrandie
mais non exploitable