

## Devoir surveillé n° 2

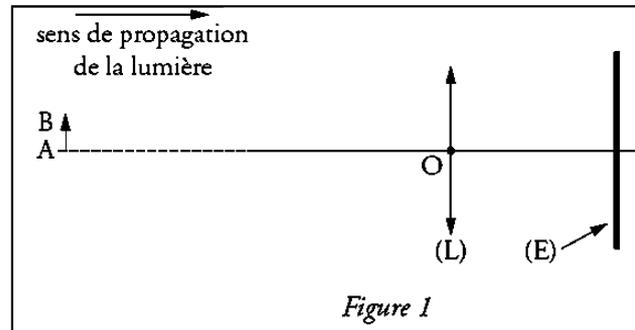
### Exercice 1 : Une carte plein cadre

Un appareil photographique comporte deux éléments essentiels : l'objectif et la pellicule.

On modélise (voir figure 1 ci-contre) :

- l'objectif par une lentille mince convergente (L) de centre optique O ; on appelle F et F' les foyers principaux, respectivement objet et image, de cette lentille, dont la distance focale est :  $OF' = + 50 \text{ mm}$  ;
- la pellicule par un écran (E), où se forme l'image réelle de l'objet photographié.

L'objectif est conçu pour pouvoir déplacer la lentille (L) par rapport à la pellicule qui est fixe.



1. Rappeler la formule de conjugaison des lentilles.
2. Définir le grandissement  $\gamma$  puis l'exprimer en fonction des distances  $\overline{OA}$  et  $\overline{OA'}$ . Justifier par un schéma.
3. On photographie un objet AB situé à une très grande distance de (L). En le considérant « à l'infini », et pour avoir une image nette, à quelle distance  $\overline{OA'}$  de l'écran (E) se trouve la lentille (L) ? Justifier par un calcul. Donner les caractéristiques de cette image.

Pour obtenir des images, sur l'écran (E), d'objets plus rapprochés de (L), il est nécessaire d'effectuer une mise au point, c'est-à-dire de faire varier la distance lentille-écran.

4. L'objet initialement à très grande distance se rapproche de la lentille (L). Pour le photographier et avoir une image nette sur la pellicule, faut-il augmenter ou diminuer la distance entre la lentille et l'écran ? Justifier à l'aide d'un schéma.

L'objectif permet d'augmenter de 5 mm au maximum la distance entre la lentille et la pellicule par rapport à sa position quand l'objet est « à l'infini ».

5. À quelle distance doit se trouver un objet pour que son image soit nette sur la pellicule quand la distance lentille-écran est maximale ? Calculer le grandissement  $\gamma$  dans ces conditions.

On veut photographier une carte postale de format  $10 \text{ cm} \times 15 \text{ cm}$ . L'image souhaitée doit être de même taille que le film de la pellicule soit  $24 \text{ mm} \times 36 \text{ mm}$  (on a ainsi une image plein cadre)

6. Calculer la valeur absolue du grandissement  $\gamma$  souhaité. Comment sera l'image sur la pellicule par rapport à l'objet ? En déduire la valeur du grandissement  $\gamma$ .

7. Exprimer le grandissement  $\gamma$  en fonction de  $\overline{OA}$  et  $\overline{OF'}$ . Montrer alors que la distance à laquelle on doit placer la carte postale de l'objectif est de 26 cm.

8. En déduire la distance  $\overline{OA'}$  entre la lentille et la pellicule. Conclure.

9. Il est toutefois possible d'adapter, entre l'objectif et le boîtier de l'appareil photographique, un ou plusieurs tubes creux appelés « bagues allonges » de longueur d

Disposant de bagues allonges de longueurs 5 mm, 10 mm et 20 mm, indiquer :

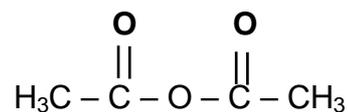
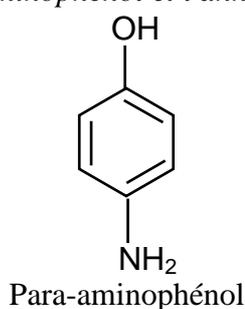
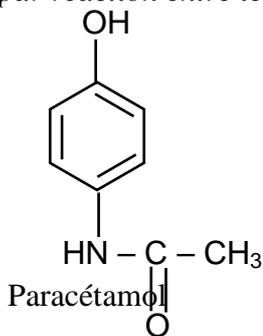
- laquelle ou lesquelles choisir ;
- comment procéder pour que l'image de la carte postale soit nette sur la pellicule avec pour grandissement  $g = -1/4$ .

### Exercice 2 : Synthèse du paracétamol

Le paracétamol est un médicament qui se rapproche de l'aspirine par ses propriétés analgésiques et antipyrétiques.

Il est dépourvu d'action anti-inflammatoire, mais ne présente pas les contre-indications de l'aspirine.

On l'obtient par réaction entre le para-aminophénol et l'anhydride éthanoïque en milieu aqueux.



**Données :**

Para-aminophénol :  $M(\text{para-aminophénol}) = 109 \text{ g.mol}^{-1}$   
 $T_{fus} = 187 \text{ }^\circ\text{C}$   
 solubilités dans l'eau: 0,8 g dans 100 g à 20 °C  
 8,5 g dans 100 g à 100 °C

Paracétamol :  $M(\text{paracétamol}) = 151 \text{ g.mol}^{-1}$   
 $T_{fus} = 170 \text{ }^\circ\text{C}$   
 solubilités dans l'eau: 1 g dans 100 g à 20 °C  
 25 g dans 100 g à 100 °C

Anhydride éthanoïque :  $M(\text{anhydride éthanoïque}) = 102 \text{ g.mol}^{-1}$   
 $T_{fus} = -73 \text{ }^\circ\text{C}$   
 masse volumique: 1,082 g.mL<sup>-1</sup>

**1. Synthèse du produit brut.**

Dans un ballon à trois cols (ou tricol), muni d'une agitation mécanique, d'un réfrigérant à reflux et d'une ampoule de coulée, introduire 10,0 g de para-aminophénol.

Sous vive agitation, introduire rapidement 30 mL d'eau puis un peu plus lentement 12,0 mL d'anhydride éthanoïque.

Porter l'ensemble à reflux pendant environ 20 minutes.

Refroidir puis transvaser dans un béccher.

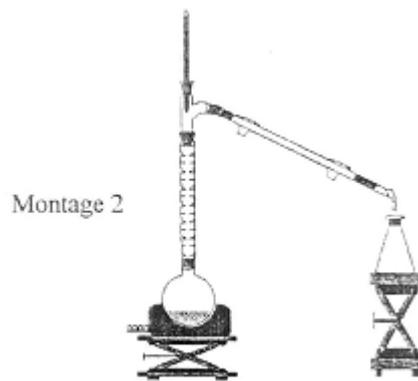
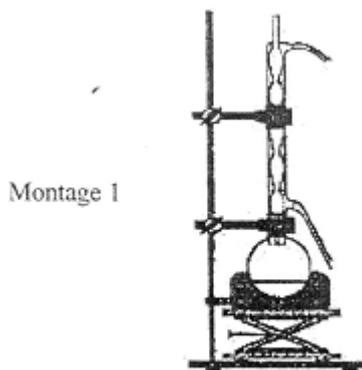
Refroidir alors dans un bain de glace : le paracétamol précipite.

Filtrer sous vide et laver à l'eau glacée.

Essorer et sécher sur papier filtre.

Placer le produit brut humide obtenu à l'étuve à 80 °C : on obtient alors une masse de produit brut sec P :  $m_p = 10,8 \text{ g}$ .

- 1.1. Réécrire la formule semi-développée de l'anhydride éthanoïque et entourer le groupe anhydride.
- 1.2. Réécrire la formule semi-développée du paracétamol et entourer le groupe amide.
- 1.3. Lequel des deux montages suivants est un montage à reflux ? Comment se nomme l'autre montage ?



- 1.4. À partir des données physico-chimiques :
  - 1.4.1. Justifier l'état physique du para-aminophénol avant d'être versé dans le ballon à trois cols

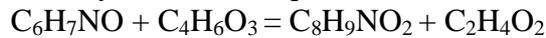
(ou tricol).

1.4.2. Justifier l'apparition du précipité de paracétamol lors du refroidissement dans le bain de glace.

1.5. Légénder le schéma de l'ensemble de filtration sous vide représenté en **Annexe 2**.

1.6. Suivi de réaction.

Para-aminophénol + Anhydride éthanoïque = Paracétamol + Acide éthanoïque



1.6.1. Montrer que les quantités initiales de réactifs sont :

$n_{\text{anhydride éthanoïque}} = 1,27 \cdot 10^{-1} \text{ mol}$  et  $n_{\text{para-aminophénol}} = 9,17 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$

1.6.2. Compléter alors le tableau descriptif de la réaction en **Annexe 3**.

1.6.3. En utilisant ce tableau, préciser quel est le réactif limitant. **Justifier**.

1.6.4. A partir de ce tableau, déduire la quantité de matière théorique  $n_{\text{th}}$  de paracétamol susceptible d'être obtenue.

1.7. Calcul du rendement de la synthèse.

1.7.1. Calculer la quantité de matière  $n_p$  de paracétamol réellement obtenue.

1.7.2. En déduire le rendement  $\eta$  de cette synthèse.

## 2. Purification du paracétamol :

À partir du produit brut sec P, on réalise deux parts  $P_1$  et  $P_2$  de masse identique.  
On souhaite recristalliser la part  $P_2$ .

2.1. Décrire le protocole permettant de réaliser cette recristallisation dans l'eau ?

2.2. Après avoir recristallisé cette part  $P_2$ , on la place à l'étuve à  $80^\circ\text{C}$  et on obtient une masse :  $m_{P_2} = 4,2 \text{ g}$ .

2.2.1. Calculer le nouveau rendement  $\eta'$  de cette synthèse, après cette purification.

2.2.2. Comparer  $\eta'$  et  $\eta$ .

2.2.3. Quel est le vrai rendement en paracétamol ? **Justifier votre réponse**.

## 3. Analyse par chromatographie sur couche mince des produits obtenus.

Mode opératoire :

Sur une plaque de silice sensible aux UV on effectue les dépôts suivants :

- paraminophénol (E) en solution dans l'éthanol ;

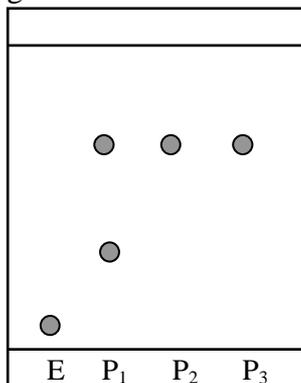
- paracétamol brut ( $P_1$ ) en solution dans l'éthanol ;

- paracétamol purifié ( $P_2$ ) en solution dans l'éthanol ;

- paracétamol issu d'un comprimé pharmaceutique ( $P_3$ ) en solution dans l'éthanol ;

L'éluant est un mélange organique complexe.

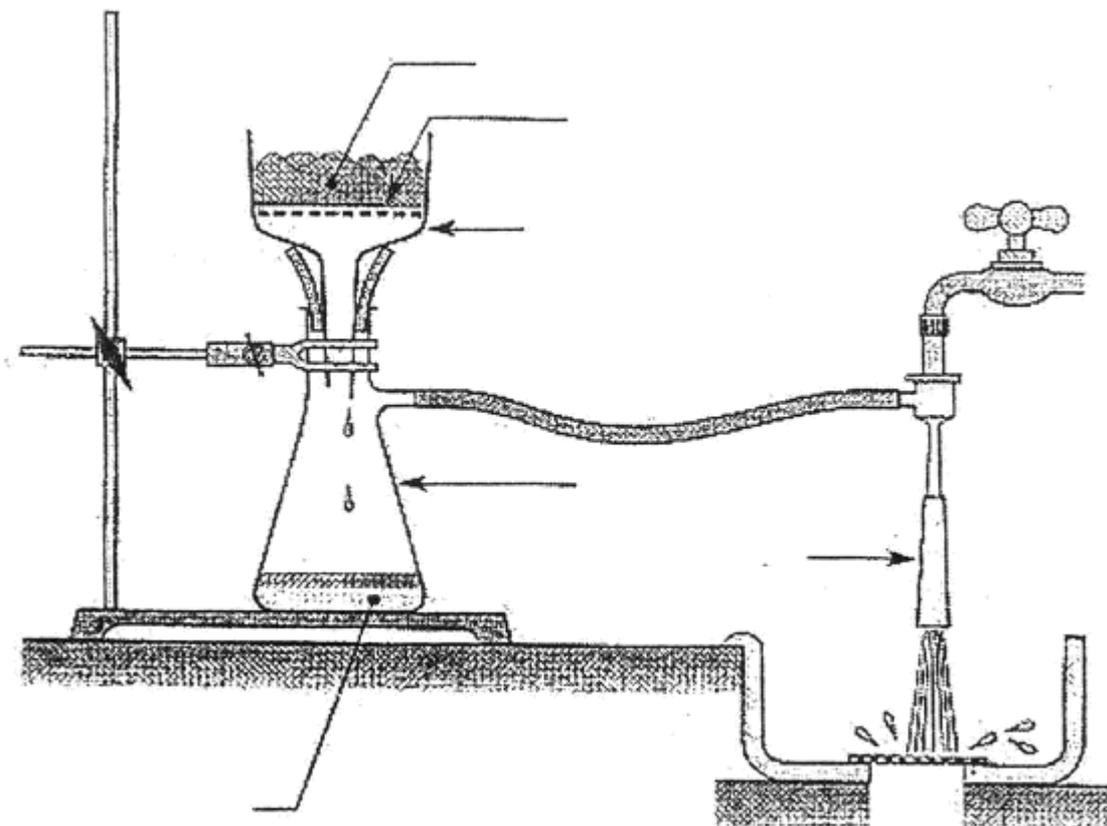
Après révélation, on obtient le chromatogramme suivant:



3.1. Interpréter le chromatogramme ci-dessus.

3.2. Peut-on utiliser la chromatographie sur couche mince pour vérifier la pureté du paracétamol?

**Annexe 2 : À rendre avec la copie**



**Annexe 3 : À rendre avec la copie**

	Para-aminophénol $C_6H_7NO$	+	Anhydride éthanoïque $C_4H_6O_3$	=	Paracétamol $C_8H_9NO_2$	+	Acide éthanoïque $C_2H_4O_2$
État initial (valeurs en mol)	$9,17 \cdot 10^{-2}$		$1,27 \cdot 10^{-1}$				
État intermédiaire (en fonction de x)							
État final (en fonction de $x_{max}$ )							
État final (valeurs en mol)							

## Correction devoir surveillé n° 2

### Exercice 1 : Une carte plein cadre

1) et 2) Voir cours.

3) En considérant l'objet « à l'infini », pour avoir une image nette, la distance  $OA'$  entre l'écran (E) et la lentille (L) doit être égale à  $OF'$ , A' et F' doivent être confondus.

$\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{OF'}$  ; avec  $\frac{1}{OA} \rightarrow 0$  ; soit :  $\overline{OA'} = \overline{OF'}$  ; l'image est alors réduite, renversée et réelle.

4)

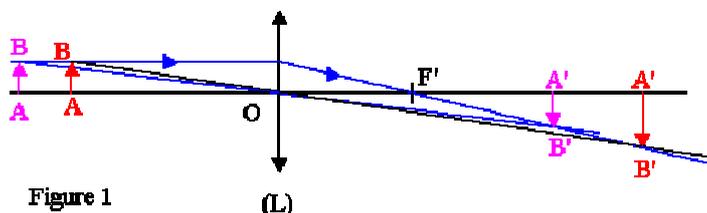


Figure 1

Si l'objet AB à photographier se rapproche de (L), la distance entre la lentille et l'écran doit augmenter d'après le schéma.

5) L'objectif permet d'augmenter de 5 mm au maximum la distance entre la lentille et la pellicule par rapport à sa position quand l'objet est « à l'infini » .

Au maximum,  $OA' = 50 + 5 = 55$  mm.  $\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{OF'}$

$$\Rightarrow \overline{OA} = \frac{\overline{OA'} \cdot \overline{OF'}}{\overline{OF'} - \overline{OA'}} \quad \text{A.N. : } \overline{OA} = -0,55 \text{ m} = -55 \text{ cm}$$

Pour que son image soit nette sur la pellicule quand la distance lentille - écran est maximale, l'objet doit être à 55 cm devant l'objectif.

$$\text{On a alors : } \gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} \quad \text{A.N. : } \gamma = -0,10$$

6) On veut photographier une carte postale de format 10 cm × 15 cm = 100 mm × 150 mm

Pour que les dimensions de l'image de la carte postale soient 24 mm × 36 mm, il faut multiplier les dimensions 100 mm x 150 mm par 0,24, il faut donc un grandissement  $\gamma$  tel que :  $|\gamma| = 0,24$

L'image étant renversée,  $\gamma < 0$  et donc :  $\gamma = -0,24$

$$7) \text{ On a : } \gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} \text{ et } \overline{OA'} = \frac{\overline{OA} \cdot \overline{OF'}}{\overline{OF'} + \overline{OA}} ; \text{ soit : } \gamma = \frac{\overline{OF'}}{\overline{OF'} + \overline{OA}}$$

$$\text{On a alors : } \overline{OA} = \frac{1-\gamma}{\gamma} \cdot \overline{OF'} \quad \text{A.N. : } \overline{OA} = -26 \text{ cm}$$

Il faut placer la carte postale à 26 cm devant l'objectif.

$$8) \text{ On a alors : } \overline{OA'} = \gamma \cdot \overline{OA} \quad \text{A.N. : } \overline{OA'} = 62 \text{ cm}$$

Cette distance est trop grande pour être sur la pellicule

$$\gamma = \frac{A'}{A} = -1/4 \Rightarrow OA' = OA / 4 = 6,2 \text{ cm} .$$

Cette distance est trop grande pour être sur la pellicule.

9) Soit  $d_L$  le déplacement de la lentille.  $OA' = OF' + d_L + d = 62,5$

$\Rightarrow d = 62,5 - 50 - d_L = 12,5 - d_L$ .  $d_L$  est compris entre 0 et 5 mm, pour que d corresponde à une des valeurs données, il faut que  $d_L$  soit égale à 2,5 mm, on a alors  $d = 10$  mm.

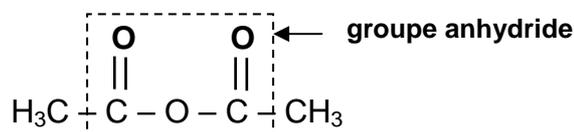
On choisit donc la bague allonge de 10 mm, on déplace la lentille L de 2,5 mm et on place la carte à 25 cm de la lentille.

Remarque : Pour obtenir une image plus nette, il est préférable de diaphragmer, pour respecter les conditions de Gauss, éliminer les rayons les plus inclinés par rapport à l'axe.

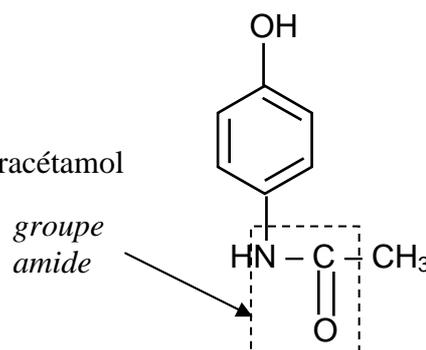
### Exercice 2 : Synthèse du paracétamol

#### 1. Synthèse du produit brut.

##### 1.1. anhydride éthanóique



##### 1.2. paracétamol

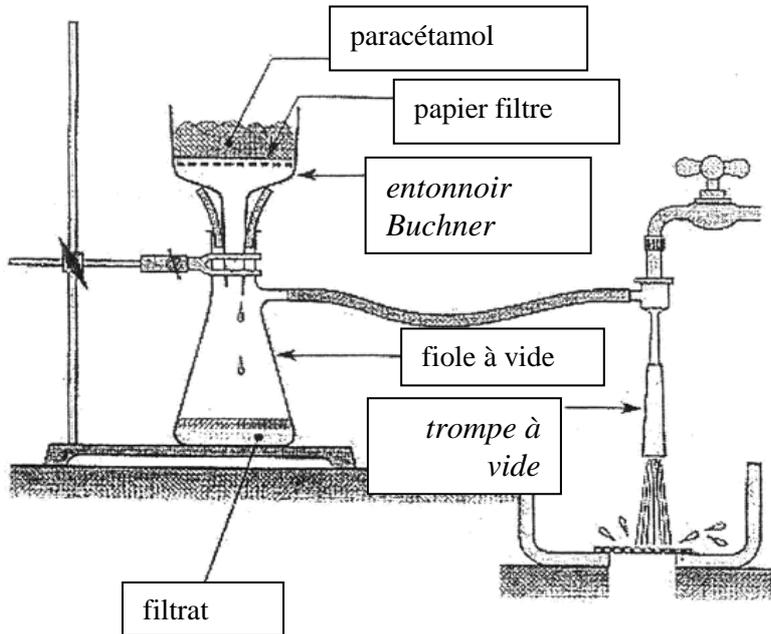


1.3. Le montage 1 est un montage à reflux ; le montage 2 est un montage de **distillation**.

1.4.1. À température ambiante (20 °C), le para-aminophénol est **solide** car cette température est inférieure à sa température de fusion (187 °C).

1.4.2. La **solubilité** du paracétamol **diminue** quand la température diminue, si on le met dans de la glace il y a davantage de paracétamol solide qui apparaît.

1.5.



1.6. Suivi de réaction:  $C_6H_7NO + C_4H_6O_3 = C_8H_9NO_2 + C_2H_4O_2$

1.6.1. 
$$n_{\text{anhydride}} = \frac{m_{\text{anhydride}}}{M_{\text{anhydride}}} = \frac{\rho_{\text{anhydride}} \times V}{M_{\text{anhydride}}} = \frac{1,082 \times 12,0}{102} = 1,27 \cdot 10^{-1} \text{ mol}$$

$$n_{\text{para-aminophénol}} = \frac{m_{\text{para-aminophénol}}}{M_{\text{para-aminophénol}}} = \frac{10,0}{109} = 9,17 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

1.6.2.

	Para-aminophénol $C_6H_7NO$	+	Anhydride éthanoïque $C_4H_6O_3$	=	Paracétamol $C_8H_9NO_2$	+	Acide éthanoïque $C_2H_4O_2$
État initial (valeurs en mol)	$n_1 = 9,17 \cdot 10^{-2}$		$n_2 = 1,27 \cdot 10^{-1}$		0		0
État intermédiaire (en fonction de x)	$n_1 - x$		$n_2 - x$		x		x
État final (en fonction de $x_{\text{max}}$ )	$n_1 - x_{\text{max}}$		$n_2 - x_{\text{max}}$		$x_{\text{max}}$		$x_{\text{max}}$
État final (valeurs en mol)	0		$3,53 \cdot 10^{-2}$		$9,17 \cdot 10^{-2}$		$9,17 \cdot 10^{-2}$

1.6.3. Si l'anhydride est le réactif limitant  $x_{\text{max}2} = n_2 = 1,27 \cdot 10^{-1} \text{ mol}$

Si le para-aminophénol est le réactif limitant  $x_{\text{max}1} = n_1 = 9,17 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$

$x_{\text{max}1} < x_{\text{max}2}$  Le réactif limitant est le **para-aminophénol**

1.6.4. D'après le tableau  $n_{\text{th}} = x_{\text{max}} = 9,17 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$

1.7. Calcul du rendement de la synthèse

1.7.1. quantité de matière de paracétamol réellement obtenue :  $n_p = \frac{m_p}{M_p} = \frac{10,8}{151} = 7,15 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$

1.7.2. Rendement de la synthèse :  $\eta = \frac{n_p}{n_{\text{th}}} = \frac{7,15 \cdot 10^{-2}}{9,17 \cdot 10^{-2}} = 78,0\%$

## 2. Purification du paracétamol :

2.1. Recristallisation: Dans un premier temps, on va dissoudre la part P<sub>2</sub> dans un peu d'eau **chaude**. On **refroidit** ensuite l'ensemble à l'aide d'un mélange réfrigérant (glace + sel) de façon à faire précipiter le paracétamol. On filtre et on obtient le paracétamol purifié.

2.2.1. Comme le produit sec a été divisé en deux parts de masse identique, la quantité de matière théorique à prendre en compte est égale à la moitié de n<sub>th</sub>.

$$\eta' = \frac{\frac{m_{P_2}}{M_P}}{\frac{n_{th}}{2}} = \frac{2 \times m_{P_2}}{M_P \times n_{th}} = \frac{2 \times 4,2}{151 \times 9,17 \cdot 10^{-2}} = \mathbf{61\%}$$

2.2.2.  $\eta' < \eta$ .

2.2.3. Le vrai rendement du paracétamol est  $\eta'$ . Le premier rendement calculé tenait compte des impuretés présentes dans le paracétamol.

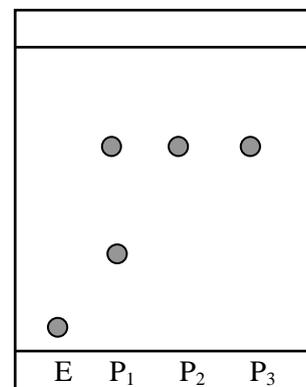
## 3. Analyse par chromatographie sur couche mince des produits obtenus.

3.1. Une espèce chimique migre sur la plaque à une hauteur qui lui est propre. (Cette hauteur dépend également de l'éluant utilisé).

Le paracétamol brut (P<sub>1</sub>) fait apparaître deux tâches: il contient deux espèces chimiques, dont l'une est du paracétamol (même hauteur que la tâche relative à P<sub>3</sub> paracétamol pharmaceutique).

L'autre espèce chimique n'est pas identifiable, mais ce n'est pas du para-aminophénol.

Le paracétamol purifié (P<sub>2</sub>) ne contient que du paracétamol. La recristallisation a été utile.



3.2. La chromatographie précédente a montré que l'on peut utiliser cette technique pour vérifier la pureté du paracétamol. Les impuretés sont à l'origine de tâches visibles sur la plaque.