

# BACCALAUREAT BLANC

SESSION février 2018

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 6

## Spécifique

**L'usage d'une calculatrice EST autorisé**

### Quelques conseils :

1. Lire la totalité du sujet plusieurs fois
2. Réserver une copie par exercice
3. Soigner la présentation et la rédaction (utiliser le brouillon !)
4. Respecter les notations et la numérotation de l'énoncé
5. Encadrer le résultat littéral et souligner l'application numérique
6. Respecter le nombre de chiffres significatifs
7. Avoir un regard critique sur les résultats (cohérent, vraisemblable)

**Bon courage !**

Ce sujet comporte 12 pages numérotées, y compris celle-ci.

***Ce sujet comporte trois exercices qui sont indépendants les uns des autres***

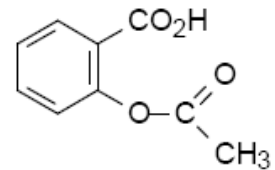
- I- Étude de différentes formes d'aspirine (5 points)
- II- Vol parabolique et photographie (10 points)
- III- Utilisation des couleurs en chimie (5 points)

## Exercice I : Étude de différentes formes d'aspirine (5 points)

### **Les 3 parties de cet exercice sont indépendantes**

L'aspirine est un médicament qui peut se présenter sous plusieurs formes, chacune renfermant de l'acide acétylsalicylique, le principe actif.

Dans cet exercice, cet acide est noté AH et sa base conjuguée A<sup>-</sup> (ion acétylsalicylate).



**Formule de l'acide acétylsalicylique**

#### **Données pour l'exercice :**

- Masse molaire de l'acide acétylsalicylique C<sub>9</sub>H<sub>8</sub>O<sub>4</sub> :  
M(AH) = 180 g.mol<sup>-1</sup>.
- L'ion hydrogénocarbonate HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> fait partie de 2 couples acide/base :  
CO<sub>2</sub>,H<sub>2</sub>O / HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> (pK<sub>A1</sub> = 6,2) et HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> / CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> (pK<sub>A2</sub> = 10,4).
- Pour l'acide acétylsalicylique pK<sub>A</sub> = 3,5.

#### **1. Solution d'aspirine obtenue à partir d'un cachet**

On dissout un comprimé contenant 500 mg d'aspirine (ou acide acétylsalicylique) dans une fiole jaugée de volume V = 500,0 mL. On obtient une solution notée S. La mesure du pH de cette solution à 25°C donne pH = 2,9.



- 1.1. Déterminer la concentration molaire C de cette solution en acide acétylsalicylique.
- 1.2. Écrire l'équation de la réaction de l'acide acétylsalicylique AH avec l'eau.
- 1.3. En vous appuyant sur un tableau d'avancement (**à compléter en annexe et à rendre avec votre copie**), montrer que l'acide acétylsalicylique est un acide faible. Expliquer précisément la démarche suivie.  
Le tableau d'avancement devra comporter des valeurs numériques pour l'état final.
- 1.4. Définir puis calculer la valeur de la constante d'acidité K<sub>A</sub> associée au couple acide/base de l'acide acétylsalicylique. Vérifier que le pK<sub>A</sub> du couple AH/A<sup>-</sup> de l'acide acétylsalicylique vaut 3,5.

L'aspirine peut également être vendue sous forme effervescente. Dans ce cas le comprimé contient en plus de l'hydrogénocarbonate de sodium (solide ionique contenant des ions sodium Na<sup>+</sup> et hydrogénocarbonate HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>). Lorsque le cachet est placé dans un verre d'eau, il se dissout et on observe un dégagement gazeux de dioxyde de carbone.



- 1.5. Tracer le diagramme de prédominance associé au couple de l'aspirine, ainsi que le diagramme de prédominance associé aux 2 couples de l'ion hydrogénocarbonate HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>.
- 1.6. Écrire l'équation de la réaction acido-basique qui a lieu entre l'aspirine AH et les ions hydrogénocarbonate HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, responsable de l'effervescence du comprimé.

## 2. Titrage de l'aspirine contenu dans un comprimé

Un professeur souhaite faire réaliser à ses élèves un titrage de l'aspirine contenue dans un comprimé non effervescent.

Les élèves réalisent une solution d'aspirine notée  $S_A$  par dissolution d'un comprimé dans une fiole jaugée de volume  $V = 200,0$  mL qu'ils complètent avec de l'eau distillée.

Ils prélèvent ensuite un volume de  $V_A = 10,0$  mL de cette solution

$S_A$  puis ils réalisent un dosage afin de déterminer la concentration molaire  $C_A$  de l'aspirine dans la solution  $S_A$ .



La solution titrante utilisée est une solution d'hydroxyde de sodium ( $\text{Na}^+_{(aq)} + \text{HO}^-_{(aq)}$ ) de concentration molaire  $C_B = 1,00 \cdot 10^{-2}$  mol.L<sup>-1</sup>. Les volumes équivalents obtenus par chaque binôme sont notés dans le tableau suivant.

Binôme	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Volume équivalent $V_{BE}$ en mL	13,7	13,5	13,9	13,8	14,0	13,8	13,6	13,7	13,7

2.1. Pour la série de mesures réalisée, on note :

- $\overline{V_B}$  la valeur moyenne des  $n$  volumes équivalents  $V_{BE}$  obtenus par les élèves
- $U(V_B)$  l'incertitude de mesure correspondante, associée au niveau de confiance de 95%.

Par définition  $U(V_B) = t_{95} \frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{n}}$  où :

où  $\sigma_{n-1}$  désigne l'écart-type expérimental, donné par la calculatrice en mode statistique  
 $t_{95}$  est appelé facteur d'élargissement, il dépend du nombre  $n$  de mesures réalisées.

Pour  $n = 9$  mesures et pour le niveau de confiance choisi de 95%,  $t_{95} = 2,31$

Calculer la valeur moyenne  $\overline{V_B}$  du volume équivalent pour ce groupe de TP.

En déduire un encadrement de ce volume sous la forme :  $V_{BE} = \overline{V_B} \pm U(V_B)$

2.2. Écrire l'équation de la réaction support de ce titrage.

2.3. Définir l'état d'équivalence pour un titrage et établir la relation permettant de calculer la valeur de la concentration molaire  $C_A$  de l'aspirine dans la solution  $S_A$ .

2.4. En considérant que l'incertitude relative  $\frac{U(V_B)}{V_B}$  sur le volume équivalent est égale à l'incertitude relative  $\frac{U(C_A)}{C_A}$  sur la concentration molaire  $C_A$ , donner un encadrement de la valeur de  $C_A$

2.5. Vérifier si le comprimé utilisé contient bien 500 mg d'acide acétylsalicylique.

## Exercice 2 : Vol parabolique et photographie (10 points)

Thomas Pesquet, ancien élève du lycée Pierre Corneille de 1996 à 1998, a subi 7 années de formation avant sa mission de 6 mois dans l'espace en 2017.

Il a suivi des cours intensifs en informatique, mécanique spatiale, apprentissage du russe, les procédures médicales de base...mais aussi un grand nombre d'entraînements pour éprouver sa résistance physique mais aussi mentale dans un milieu hostile pour l'homme. L'un de ses entraînements a consisté à réaliser des vols paraboliques grâce à l'avion « zéro G ».



### Document 1 : apesanteur ou impesanteur ?

Un objet est en **apesanteur** lorsqu'il y a absence totale de pesanteur (concept théorique).

Un objet est en **impesanteur** lorsque le sol ou le support n'exerce aucune action sur lui. C'est le cas lors d'une chute libre (c'est à dire quand le système n'est soumis qu'à la seule action du poids). L'impesanteur est donc l'absence apparente de pesanteur.

Considérons le spationaute de la photo ci-contre, la tête en bas. Il est placé dans une « cabine » en chute libre :



- dans le référentiel terrestre, cabine et astronaute sont tous deux en chute libre et la cabine n'exerce aucune action sur l'astronaute lui-même et celui-ci « flotte » dans l'air de la cabine.
- dans un référentiel lié à la cabine, le spationaute ne semble pas soumis à la pesanteur, il est en état d'impesanteur.

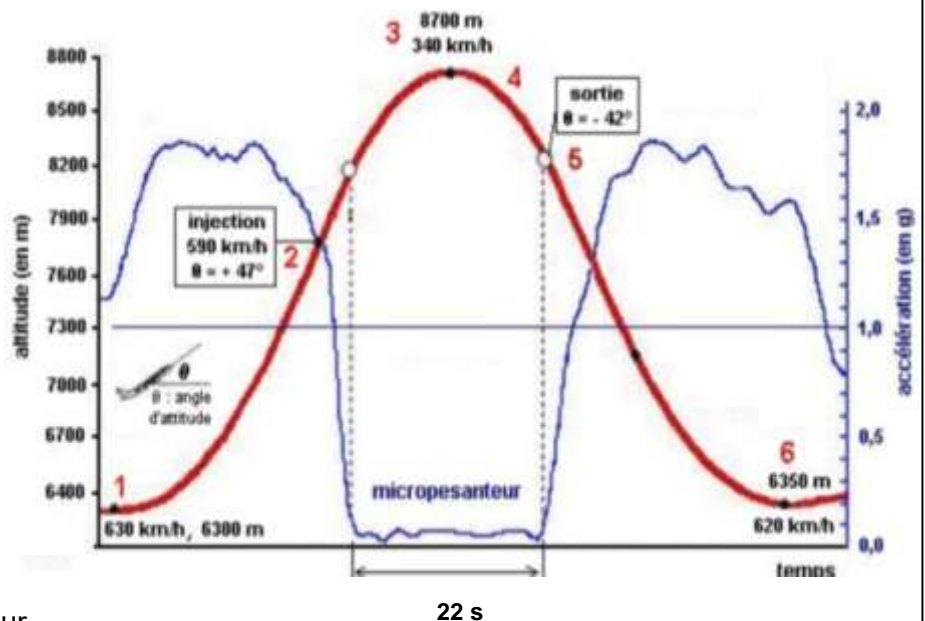
### Document 2 : Pourquoi un vol parabolique ?

Lorsqu'on lance un objet en l'air, hormis le cas où il a été lancé rigoureusement à la verticale vers le haut, sa trajectoire est une parabole. Il s'agit d'une chute libre avec vitesse initiale.

Si un avion arrive à effectuer une trajectoire parabolique, passagers et matériel embarqué seront en impesanteur.

L'Airbus « Zéro G » qui est en vol horizontal à 6300 mètres d'altitude monte en se cabrant à  $47^\circ$ . Il est alors en hyperpesanteur à 1,8 g (où g correspond à l'accélération de la pesanteur à la surface de la Terre).

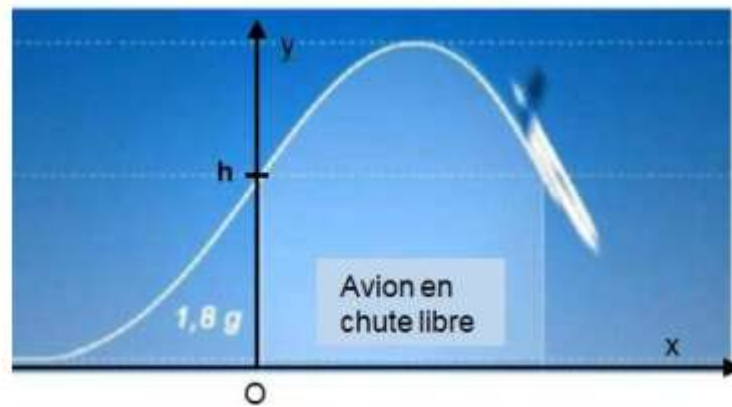
Le pilote diminue ensuite la poussée des réacteurs de façon à juste compenser le frottement de l'air et l'avion entre en phase de chute libre dès 8200 mètres. Son contenu est en impesanteur. Son élan lui permet d'atteindre 8700 mètres puis il retombe (phase descendante de la parabole). Après avoir remis les gaz à 8200 mètres et retrouvé une phase d'hyperpesanteur l'avion reprend son vol horizontal à 6300 mètres. L'opération dure environ une minute pour obtenir 22 secondes d'impesanteur.



### Partie 1 : Répondre aux questions

- Schématiser la situation décrite dans le document 1 (spationaute la tête en bas dans l'avion « ZéroG ») en faisant apparaître les forces mises en jeu sur la cabine et l'objet.
- En vous appuyant sur les documents, expliquer simplement pourquoi le spationaute est en état d'impesanteur pendant la phase de chute libre de l'avion « ZéroG ».
- On étudie le mouvement parabolique de l'avion (que l'on assimile à un point M, de masse  $m$  constante) dans un repère orthonormé  $(O, \vec{i}, \vec{j})$  (l'origine  $O$  étant prise au niveau du sol, d'axe  $Ox$  horizontal orienté dans le sens du mouvement et d'axe  $Oy$  vertical orienté vers le haut). Celui-ci débute à  $t = 0$ , à une altitude  $h = 8\,200$  m à la verticale du point  $O$  avec un vecteur vitesse  $\vec{v}_0$  faisant un angle  $\theta = 47^\circ$  avec l'horizontale et de norme  $v_0 = 500$  km.h<sup>-1</sup>.

On considèrera que l'intensité de la pesanteur est constante et égale à  $g = 9,8$  m.s<sup>-2</sup>.



- D'après les documents, comment agit le pilote pour que l'avion soit en impesanteur ?
- On étudie le système {avion} dans le référentiel terrestre supposé galiléen.  
En considérant que l'avion n'est soumis qu'à son poids, établir que le vecteur accélération de l'avion s'écrit  $\vec{a} = \vec{g}$ .
- Indiquer quelles sont les expressions des coordonnées  $v_{0x}$  et  $v_{0y}$  du vecteur vitesse à la date  $t = 0$ .
- En déduire que les équations horaires  $x(t)$  et  $y(t)$  du mouvement peuvent s'écrire :  

$$x(t) = v_0 \cos\theta t \quad \text{et} \quad y(t) = \frac{-1}{2} g t^2 + v_0 \sin\theta t + h$$
- Montrer que l'équation de la trajectoire s'écrit sous la forme :  

$$y(x) = \frac{-1}{2} g \left( \frac{x}{v_0 \cos\theta} \right)^2 + \tan\theta x + h$$
- Déterminer le temps  $t_s$  pour lequel l'avion atteint son altitude maximale.
- Retrouver la durée maximale  $\Delta t$  durant laquelle il est possible d'être en impesanteur par ce procédé.

## Partie 2 : image numérique

### Document 1 : le premier appareil numérique

C'est en 1975 qu'un ingénieur de Kodak, Steve Sasson, mit au point le tout premier appareil photo numérique. Il pesait près de 4 kg et possédait une définition très basse de 100 x 100 pixels. Chaque pixel était codé en niveau de gris sur 4 bits. Les photographies étaient visualisées sur un écran cathodique noir et blanc.

Le plus gros problème ne fut pas de numériser les photographies, mais de les enregistrer : les supports mémoires étaient limités en capacité et peu pratiques.



Steve Sasson et son appareil (1975)

On rappelle qu'un nombre binaire à  $n$  bits peut prendre  $2^n$  valeurs entières différentes. Un octet est un nombre à 8 bits.

### Document 2 : Les appareils photos numériques actuels

Depuis la station spatiale internationale, Thomas Pesquet a pu prendre un grand nombre de photos.

Il disposait à bord de la station d'un appareil photo Nikon D4S dont certaines caractéristiques sont données ci-dessous :

Capteur : 16,2 millions de pixels,  
Format d'image 4928 x 3280  
Il peut enregistrer des images au format RAW au maximum en 14 bits.

Depuis la station spatiale internationale, la connexion à la Terre se fait via une connexion satellite. Cette connexion offre des débits plus élevés que ceux d'une bonne partie de la planète : 10 mégabits/s en réception et 3 mégabits/s en émission.

Gros point noir, par contre, l'accès est indirect : dans la majorité des cas (sauf, par exemple, les conférences vidéo) l'accès doit passer par les serveurs de la NASA, qui gardent une copie complète des données présentes dans l'ISS. Dans les faits, la synchronisation avec l'extérieur ne s'effectue par exemple que trois fois par jour, les e-mails ne sont donc pas aussi rapides qu'ils devraient l'être. La raison d'être de cette limitation est simple : limiter l'impact des virus sur les machines.

Notons tout de même, pour se faire une petite idée, que la sonde Voyager 2 (sortie du système solaire il y a déjà quelques années) offre des débits bien moins élevés : entre la Terre et la sonde, la transmission s'effectue à 16 bits.s<sup>-1</sup>.



Thomas Pesquet @Thom\_astro

.@Rouen, la capitale régionale: j'y ai fait une partie de mes études au lycée Pierre Corneille  
[flic.kr/p/Ue1W2Z](https://www.flic.kr/p/Ue1W2Z) #Normandie #proxima



## 1. L'appareil historique

- Calculer le nombre de pixels d'une photo faite avec l'appareil de Sasson. Exprimer le résultat en millions de pixels et le comparer avec à la définition d'un appareil actuel.
- Déterminer le nombre de niveau de gris codant un pixel de cet appareil.
- Déterminer, en kilo-octets (ko) la capacité de mémoire nécessaire afin de mémoriser les informations de niveaux de gris de l'ensemble des pixels de cette image.

## 2. Numérisation d'une image en niveaux de gris

Depuis l'époque de Steve Sasson, les progrès ont concerné la numérisation de l'image, mais aussi la qualité de l'optique et les capacités mémoires.

La lumière est captée par une dalle, quadrillée de cellules comportant chacune un capteur qui convertit l'intensité lumineuse reçue en tension électrique. L'étape consistant à quantifier et à numériser le signal est ensuite réalisée par un convertisseur analogique-numérique.

- Comment s'appelle l'étape qui consiste à scinder en petite portion l'image reçue par la dalle ?
- Quelle grandeur électrique est quantifiée par le convertisseur ? A quelle perception humaine est-elle associée ?

## 3. Étude de la résolution du Nikon D4S

La résolution permet d'évaluer la qualité d'une image : plus il y a de pixels par unité de longueur, meilleure est la qualité. Elle est donnée en ppp (pixel par pouce) où 1 pouce = 2,54 cm.

Une image numérique est dite de qualité photo si sa résolution est supérieure à 300 ppp. La dalle du Nikon D4S comporte 4928 pixels en largeur et 3280 en hauteur. Tous les pixels sont carrés.

- Calculer le nombre de pixels de la dalle de capteurs
- Une image de 16,9 cm de largeur et 12,7 cm de hauteur est prise. Calculer sa résolution en ppp.
- Cette image est-elle de qualité photo ?

## 4. Échelle RVB

Les capteurs de l'appareil photo de Steve Sasson n'étaient pas conçus pour distinguer les couleurs. De nos jours les capteurs le permettent ; le codage le plus utilisé est l'échelle RVB (rouge, vert, bleu), basé sur la synthèse additive des couleurs. La couleur est codée avec une échelle RVB de 24 bits, chaque couleur primaire est codée sur 8 bits.

- Déterminer le nombre de valeurs codant chaque couleur primaire et le nombre de couleurs possibles.
- Quel code RVB permet d'obtenir le bleu de la mer ? Ecrire de même le code RVB du noir.

## 5. Transfert des photos depuis l'ISS

- Montrer que la taille des photos prises par Thomas Pesquet était de 28 Mo.
- Quelle serait alors la durée d'un transfert de ce fichier depuis l'ISS jusqu'à la Terre ? Répondre à la même question si le débit était le même que celui de la sonde Voyager 2.

**Exercice III : Utilisation des couleurs en chimie (5 points)**

En chimie, on utilise des espèces colorées pour repérer l'équivalence de titrages, ou à des fins cinétiques.

**Partie 1 : suivi cinétique d'une transformation chimique**

On souhaite suivre la cinétique d'une transformation chimique totale par spectrophotométrie.

Pour cela, un chimiste suit le protocole suivant :

- Mélanger des réactifs chimiques incolores dans des quantités connues.
- Répartir le mélange initialement incolore dans des tubes à essais placés dans un bain-marie. Une coloration bleue de plus en plus intense apparaît peu à peu dans chaque tube.
- Sortir les tubes du bain-marie les uns après les autres à différents instants et les plonger dans l'eau glacée pendant quelques minutes.
- Mesurer l'absorbance de la solution S aux différents instants avec la longueur d'onde  $\lambda = 720$  nm.

Il obtient la courbe donnée en annexe 1 (à compléter et à rendre avec la copie)

- 1.1. Définir le temps de demi réaction.
- 1.2. Au bout d'une durée assez longue, l'absorbance atteint sa valeur finale  $A_f = 0,56$ . En expliquant la méthode, déterminer le temps de demi-réaction de la transformation chimique suivie. (Compléter l'annexe 1)
- 1.3. Pendant les 5 premières minutes le chimiste s'inquiète car il ne voit aucune couleur bleue apparaître. Comment modifier le protocole afin de diminuer le temps de demi-réaction ?

**Partie 2 : choisir un indicateur coloré**

**Données :**

Indicateurs colorés	couleur de la forme acide	zone de virage	couleur de la forme basique
carmin d'indigo	bleu	11,6 – 14,0	jaune
thymolphtaléine	incolore	9,3 – 10,5	bleu
vert de bromocrésol	jaune	3,8 – 5,4	bleu

**2.1. Mise au point d'un protocole d'un titrage colorimétrique**

On souhaite mettre au point un protocole de titrage colorimétrique de solutions aqueuses d'ammoniaque  $\text{NH}_3(\text{aq})$  de concentration environ égale à  $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$ .

Dans ce but, un chimiste réalise le titrage pH-métrique d'un volume  $V_s = 10,0 \text{ mL}$  d'une solution d'ammoniaque de concentration connue  $c_s = 1,00 \cdot 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$ .

Il utilise une burette graduée de  $25 \text{ mL}$  et dispose de plusieurs flacons de solution d'acide chlorhydrique ( $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$ ) de concentrations  $c_1 = 1,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$  et  $c_2 = 1,00 \text{ mol.L}^{-1}$ .

L'équation de réaction support du titrage est  $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{NH}_3(\text{aq}) \rightarrow \text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}$ .

- 2.1.1. En expliquant votre démarche, montrer qu'aucune des solutions d'acide chlorhydrique disponibles ne convient pour effectuer ce titrage.

Le chimiste a obtenu la courbe fournie dans l'annexe 2 (à compléter et à rendre avec la copie)

- 2.1.2 Déterminer graphiquement précisément le volume versé à l'équivalence. Faire apparaître la méthode sur la courbe.



- 2.1.3.** Expliquer comment le chimiste a résolu le problème soulevé dans la question **2.1.1**. Préciser le matériel utilisé (noms et volumes respectifs). Toute étape de raisonnement sera valorisée.
- 2.1.4.** Expliquer quel indicateur coloré (parmi ceux définis dans les données) convient le mieux pour effectuer ce titrage par colorimétrie. Puis justifier comment sera repérée l'équivalence du titrage colorimétrique.

## **2.2. Détermination de la zone de virage d'un indicateur coloré**

Le bleu de bromothymol (BBT) est un indicateur coloré acido-basique : sa couleur dépend du pH de la solution dans laquelle il se trouve.

Un indicateur coloré acido-basique est formé d'espèces acide notée HIn et basique notée In<sup>-</sup> de couleurs différentes.

On les trouve en proportions différentes dans la solution selon le pH.

- 2.2.1.** D'après les documents fournis 1, 2a et 2b, quelle est la couleur d'une solution contenant 100% de HIn<sub>(aq)</sub> ? d'une solution contenant 100% de In<sup>-</sup><sub>(aq)</sub> ?

On dispose de 16 solutions de BBT dont les pH sont différents et balayent une large gamme ; elles possèdent toutes la même concentration  $c_{\text{BBT}}$  apportée en BBT.

On a la relation :  $c_{\text{BBT}} = [\text{HIn}] + [\text{In}^-]$ .

Par exemple, dans un litre de solution, on apporte 1,0 mol de BBT, il réagit et on a finalement 0,30 mol sous forme HIn et 0,70 mol sous forme In<sup>-</sup>

On propose de mesurer l'absorbance A de chacune de ces solutions. Pour cela on utilise un spectrophotomètre et la longueur d'onde de travail est prise égale à 625 nm. Les mesures permettent d'obtenir le graphique donné dans l'annexe 3 (à compléter et rendre avec la copie)

- 2.2.2.** En expliquant votre démarche déterminer la valeur du pKa du couple acide/base du BBT. Compléter l'annexe 3
- 2.2.3** La zone de virage d'un indicateur coloré correspond à un pH de solution compris entre les valeurs (pK<sub>A</sub>-1) et (pK<sub>A</sub>+1).

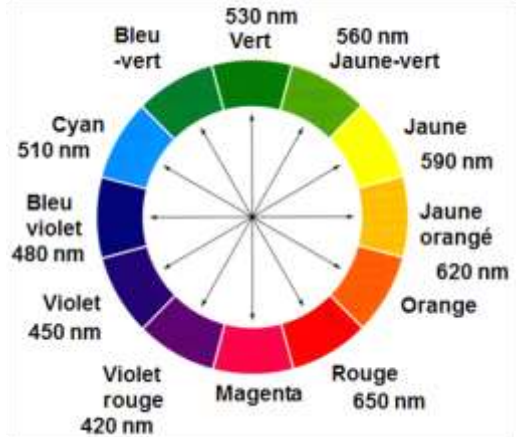
Le BBT pouvait-il convenir pour repérer l'équivalence du titrage de la partie 1. Justifier.

## Documents pour l'exercice III

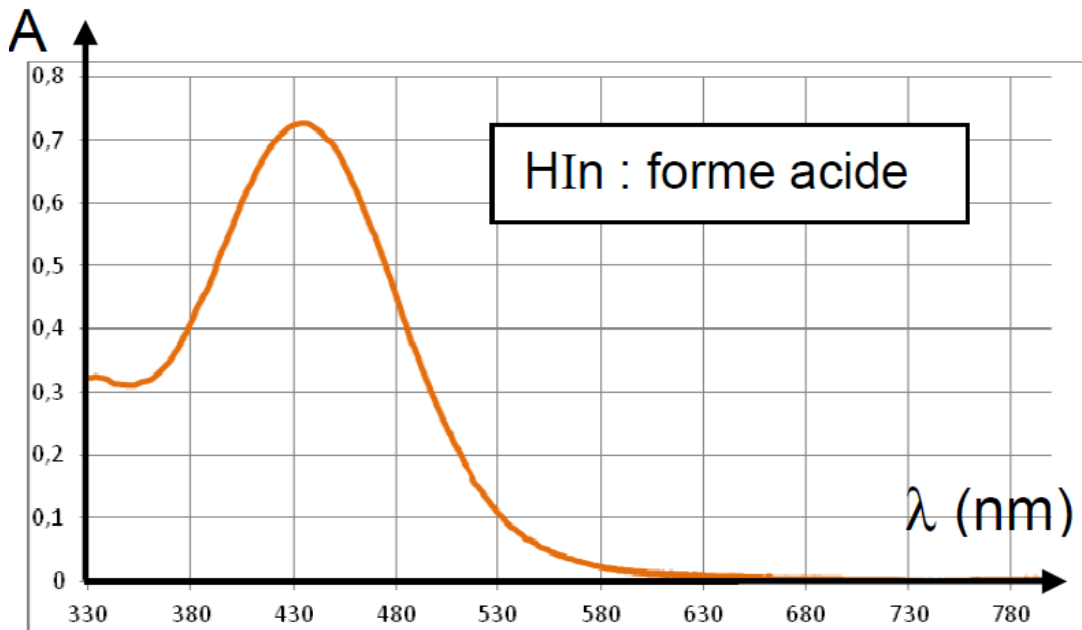
## Document 1 :

**Cercle chromatique et correspondance entre couleur et longueur d'onde**

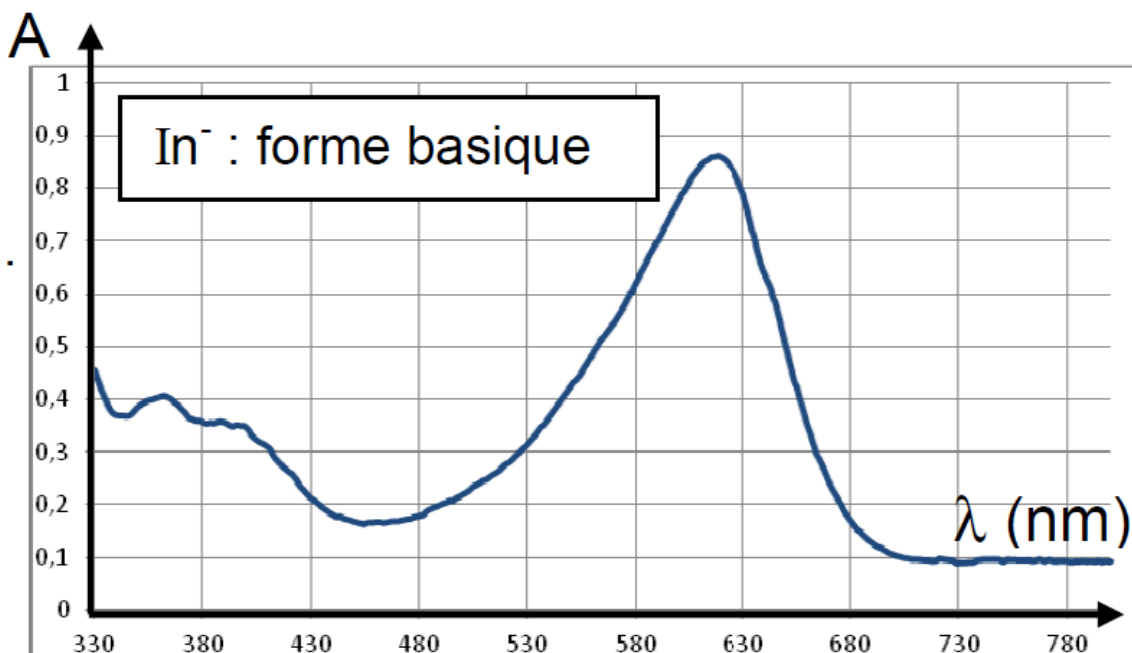
Le cercle chromatique ci-contre permet de trouver la couleur complémentaire correspondant à la couleur absorbée par une solution.



## Document 2.a : Spectre d'absorption de l'espèce acide du bleu de bromothymol



## Document 2.b : Spectre d'absorption de l'espèce basique du bleu de bromothymol



**Annexes à rendre avec la copie**

NOM, Prénom : .....

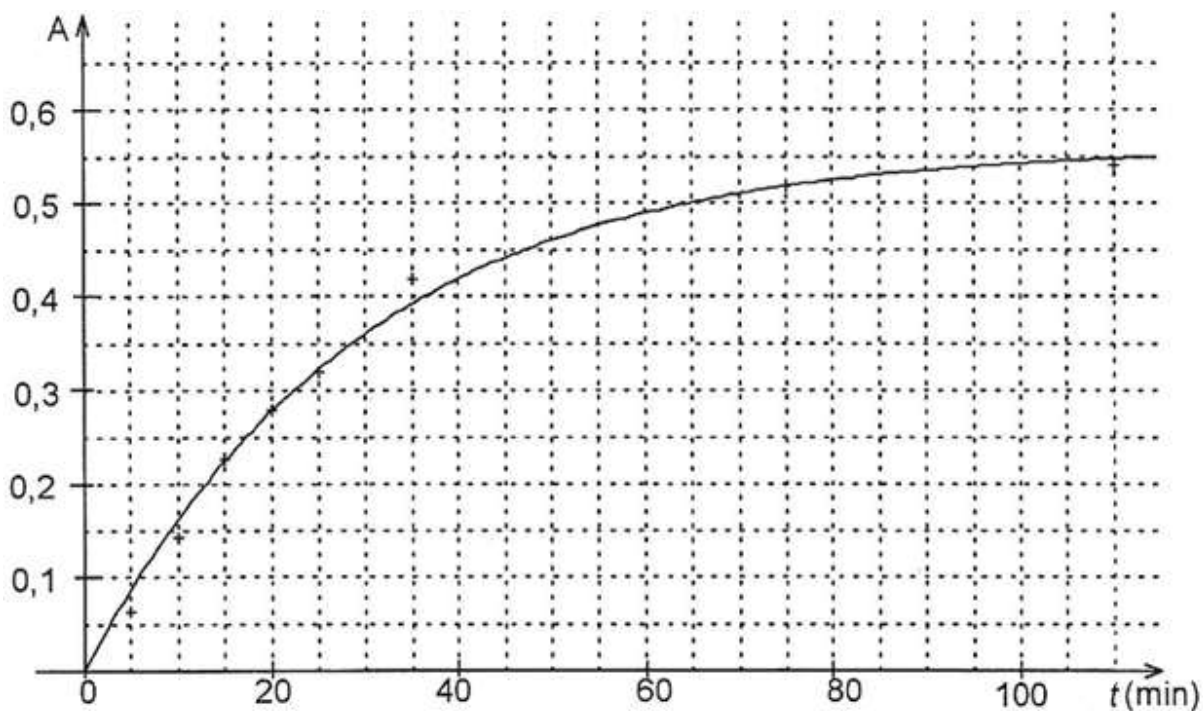
**Exercice I : Étude de différentes formes d'aspirine**

**Tableau d'avancement à compléter**

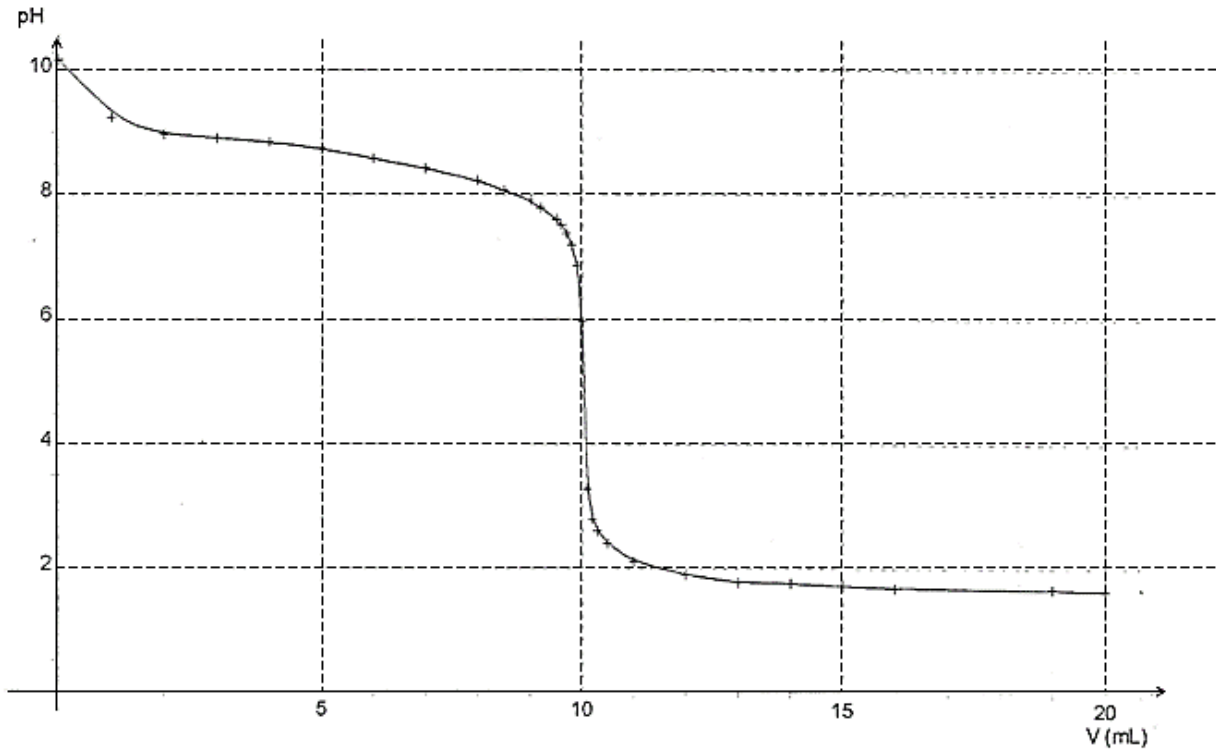
Equation de la réaction :					
État	Avancement				
État initial	$x_i = 0$				
État d'équilibre final Si la réaction est limitée	$x_f$				
État final Si la réaction est totale	$x_{max}$				

**Exercice III : Utilisation des couleurs en chimie**

**Annexe 1 : absorbance de la solution S au cours du temps**



**Annexe 2 : courbe pH-métrique du titrage d'une solution d'ammoniaque par une solution d'acide chlorhydrique**



**Annexe 3 : évolution des concentrations des forme acide et base du BBT, en fonction du pH.**

