



**EXERCICE I : Comment prévoir la météo, faire de la musique, calculer l'âge de l'univers et caractériser des planètes grâce à l'EFFET DOPPLER**

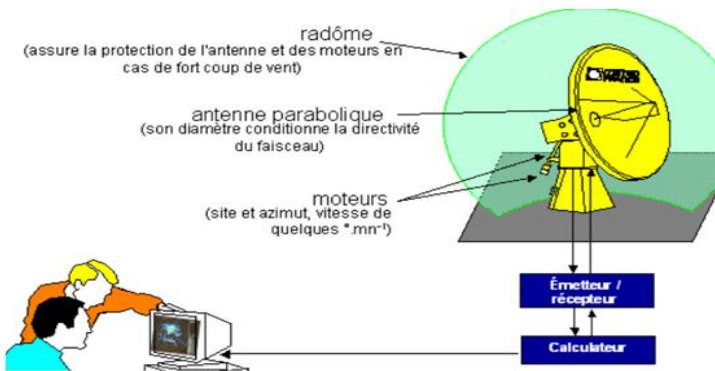
12 points

**Document 1 : l'effet Doppler**

- z = décalage Doppler
  - λ : longueur d'onde mesurée (corps en mouvement)
  - λ<sub>0</sub> : longueur d'onde mesurée (corps immobile)
  - v = vitesse du corps (v > 0 si éloignement ; v < 0 si rapprochement)
  - c = vitesse de la lumière (300 000 km/s)
- (cette formule n'est exacte que si la vitesse 'v' est très petite devant la vitesse de la lumière 'c')

$$z = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0} = \frac{v_R}{c}$$

**Document 2 : radar Doppler météorologique**



le radar météorologique de précipitation utilise des ondes radios de fréquences élevées (3 à 5 GHz)

Il est particulièrement sensible aux précipitations. Comme celles-ci se déplacent avec le vent, il peut aisément mesurer ce paramètre. Le radar peut également mesurer le vent par ciel clair, en se servant de la turbulence ou des échos d'insectes.

© Météo-France, extrait de cours de l'Ecole Nationale de la Météorologie

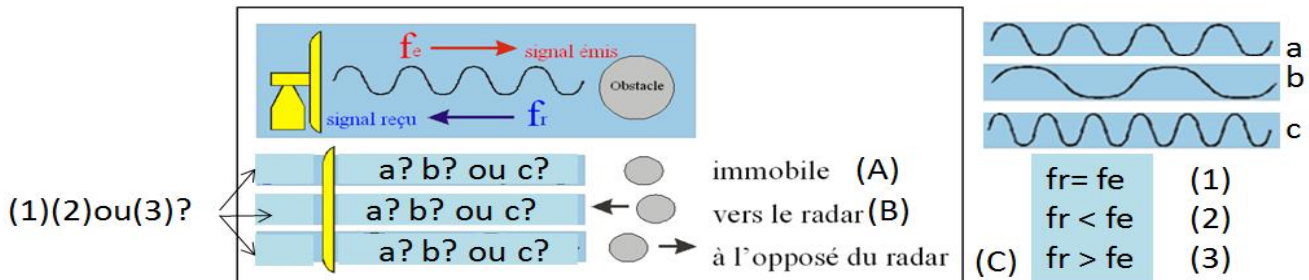
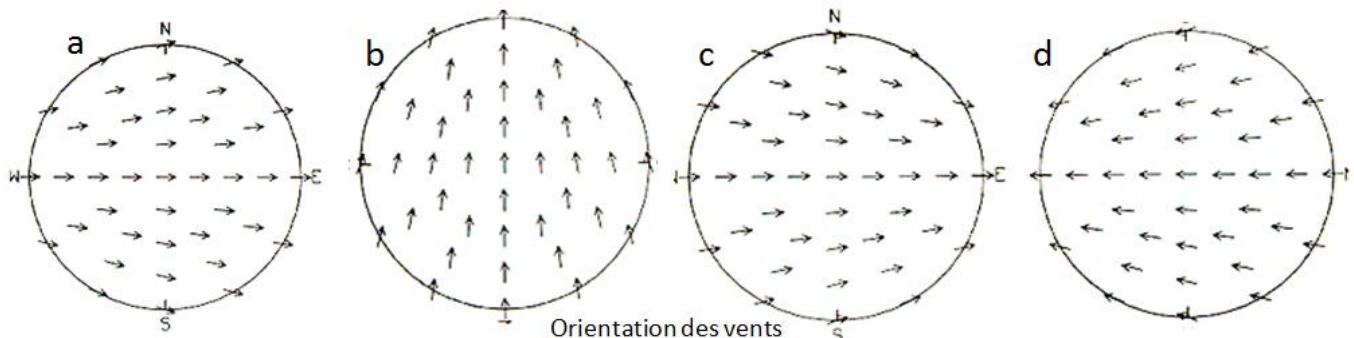
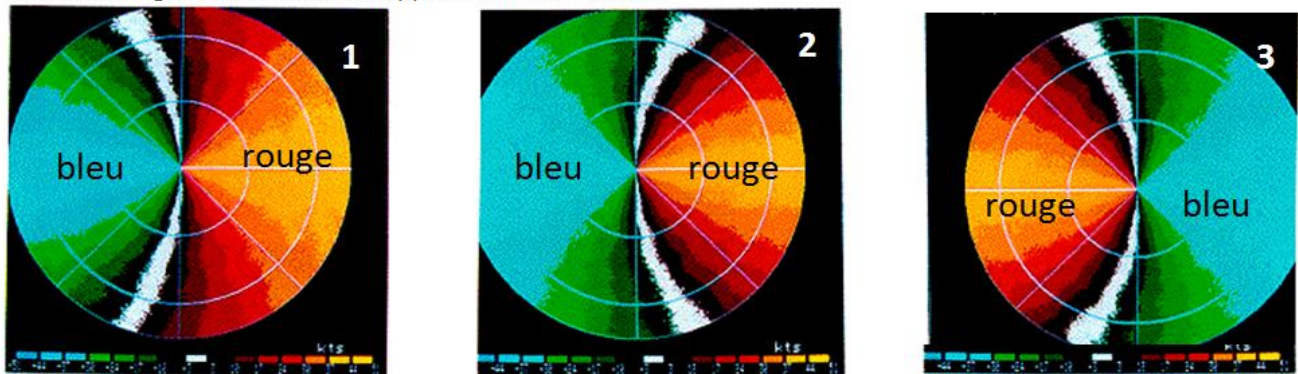


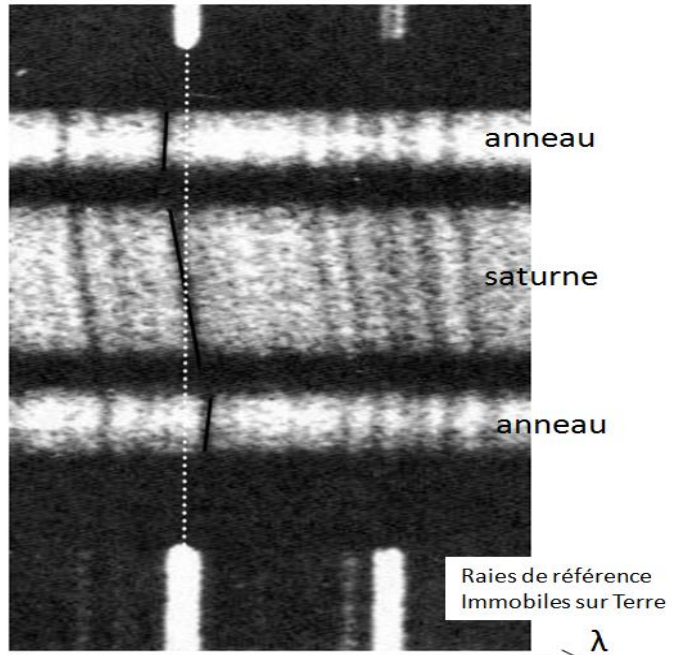
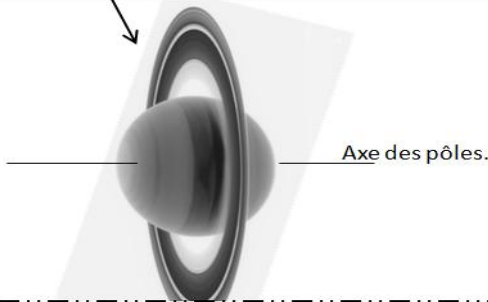
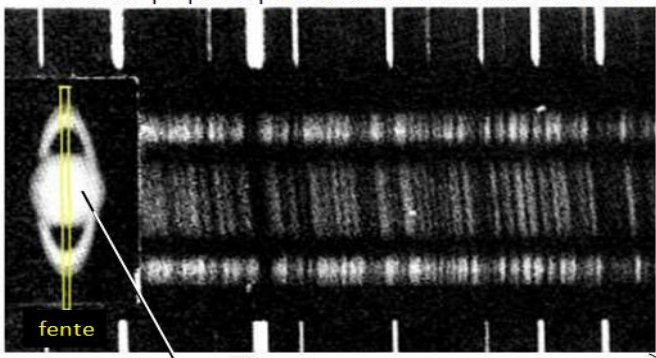
Figure 2 : Principe du radar Doppler © Météo-France

Pour ces enregistrements, le radar doppler se trouve au centre



### Document 3 : Saturne

Ce spectre de Saturne a été réalisé à l'Observatoire de Haute Provence le 24/07/1962. La fente du spectroscopie associé au télescope est orientée comme indiquée ci-dessous. On a obtenu le spectre d'absorption ci-dessous en même temps que le spectre d'émission de référence du fer.



définition des pôles d'une planète :

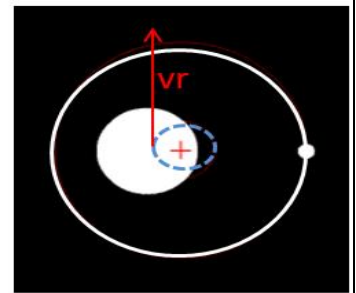
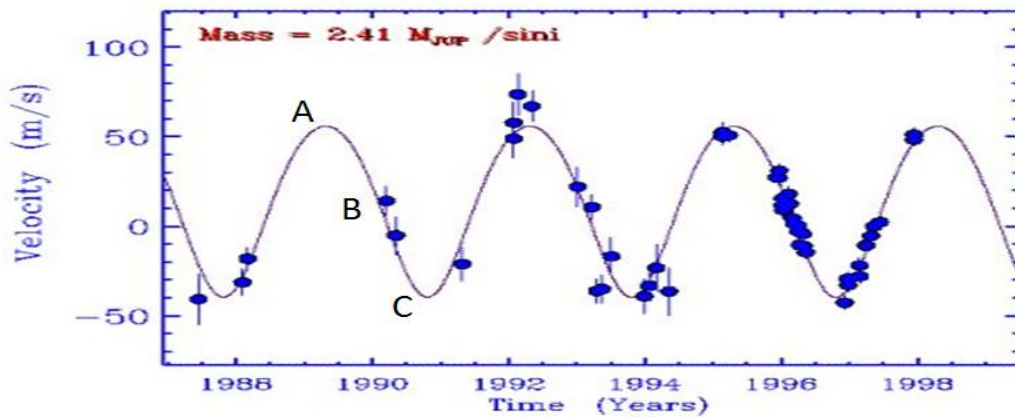
Si on regarde la planète au dessus du pôle sud, on la voit tourner dans le sens des aiguilles d'une montre.

Si on regarde la planète au dessus du pôle nord on la voit tourner dans le sens inverse des aiguilles d'une montre.

### Document 4 : Exoplanètes

Graph de la vitesse radiale de l'étoile 47 Ursae Majoris en fonction du temps

47 Ursae Majoris (HR4277)

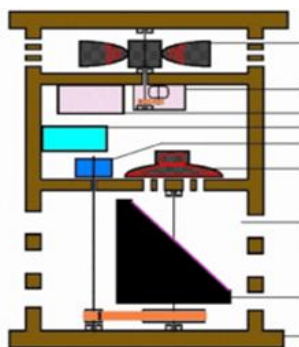


observateur

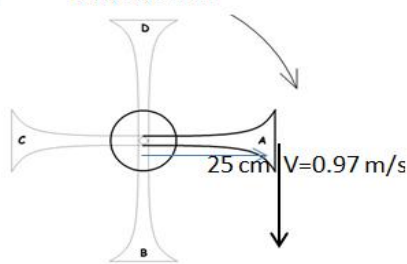
### Document 5 : effet LESLIE et musique

La cabine Leslie, qui porte le nom de son inventeur Donald Leslie, est un dispositif muni de haut-parleurs dirigés vers des diffuseurs rotatifs. Ceci a pour but de créer un effet semblable à un vibrato par effet Doppler. Ce système est utilisé avec un certain nombre d'instruments électroacoustiques.

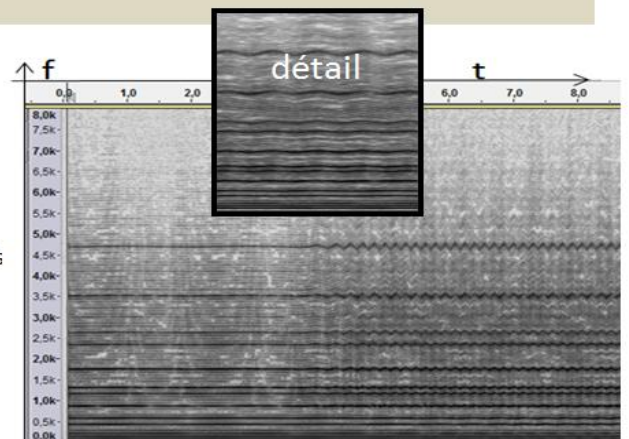
Un seul des 2 cornets tournant est actif, l'autre sert de contrepoints



Vu de dessus

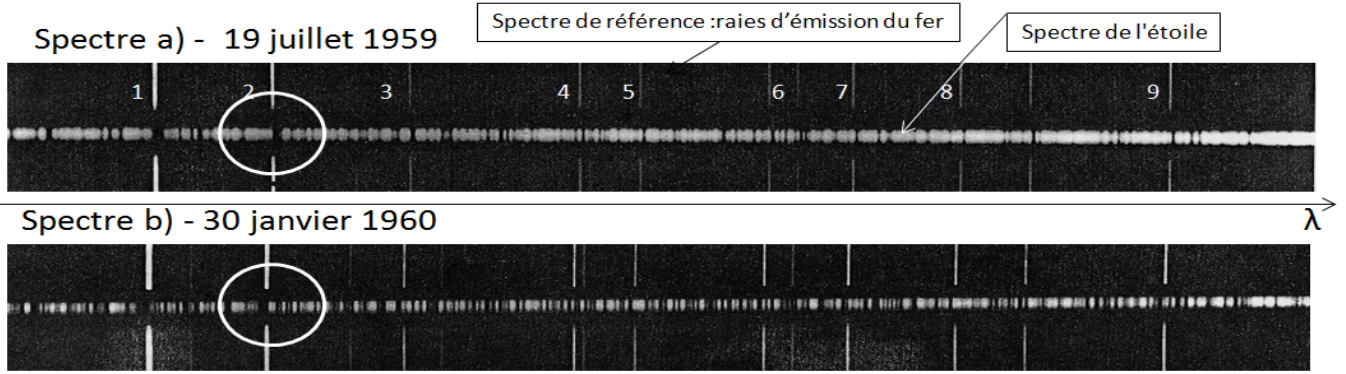


Position de l'auditeur

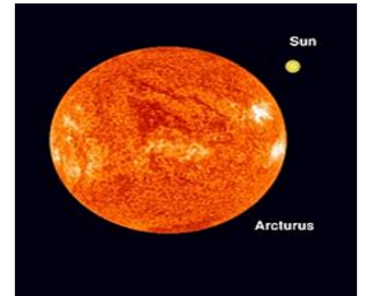
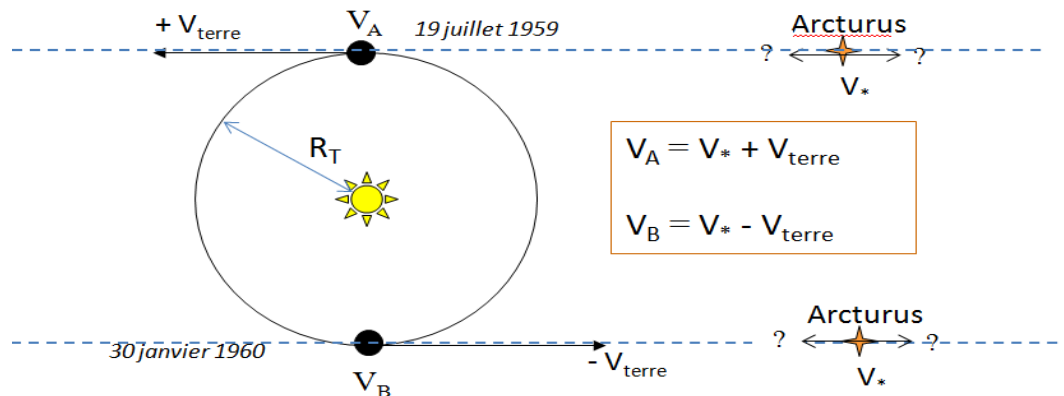


Spectrogramme d'un ré1 ( $f = 73.4 \text{ Hz}$ ) avec un orgue Hammond.

**Document 6 : ARCTURUS**



Arcturus est une étoile froide. On y trouve des raies métalliques, en particulier celles du Fe I. on retrouve les mêmes groupes de raies sur les deux spectres stellaires a) et b)



Vitesse radiale = -5,2 km/s  
Distance = 36,7 al  
Température 4 300 K

$V_A$  : vitesse radiale de l'étoile (par rapport à la Terre) déterminée le 19/07/1959  
 $V_B$  : vitesse radiale de l'étoile (par rapport à la Terre) déterminée le 30/01/1960  
 $V^*$  : vitesse radiale d'Arcturus par rapport au Soleil  
 $V_{terre}$  : vitesse de la Terre par rapport au Soleil

**Mesure précise des décalage spectraux des raies d'absorptions d'ARCTURUS pour déterminer  $V_a$  et  $V_b$**

raies	$\lambda$ ref.(nm)	$\lambda$ arcturus	$\Delta\lambda$ (nm)	$V_a$ (km/s)
1	440.475	440.506	0.031	21.43
2	441.512	441.548	0.036	24.12
3	442.731	442.758	0.027	17.97
4	444.234	444.264	0.030	20.42
5	444.772	444.801	0.029	19.48
6	446.165	446.192	0.026	17.82
7	446.654	446.682	0.028	18.61
8	447.602	447.634	0.032	21.26
9	449.457	449.480	0.023	15.16
<b><math>V_a</math> moyen =</b>				<b>19.59</b>

$\lambda$ arcturus	$\Delta\lambda$	$V_b$ (km/s)
440.433	-0.042	-28.80
441.482	-0.030	-20.48
442.679	-0.052	-35.09
444.190	-0.044	-29.86
444.729	-0.043	-29.32
446.117	-0.048	-32.52
446.609	-0.045	-30.23
447.558	-0.044	-29.76
449.411	-0.046	-30.71
<b><math>V_b</math> moyen =</b>		<b>-29.64</b>

**-Questions-**

- 1- **Effet Doppler** (document 1)
  - 1.1- Quand une source d'onde lumineuse se rapproche d'un observateur immobile, la longueur d'onde  $\lambda$  perçue par l'observateur est-elle plus grande ou plus petite que  $\lambda_0$  si la source était immobile. Peut-on parler de décalage vers le rouge (red shift) ou de décalage vers le bleu (blue shift) ?
  - 1.2- Même question si la source s'éloigne.
  - 1.3- On montre que  $V_R = c \cdot \frac{f_0 - f}{f}$  (avec  $f_0$  : fréquence émise au repos,  $f$  : fréquence mesurée provenant d'un objet en mouvement). Dédire de cette formule si un son qui se rapproche devient plus aigu ou plus grave ?
- 2- **Radar météo** (document 2)
  - 2.1- Quelle est la gamme de longueurs d'ondes utilisée par ce radar météo ?
  - 2.2- Observer le schéma « principe du Radar Doppler » Faire correspondre les situations (A), (B) et (C) avec les affirmations (1), (2) et (3) et les schémas a, b et c.
  - 2.3- Faire correspondre les enregistrements radar 1,2,3 avec les directions des vents déduites a, b, c ou d.

3- **rotation du seigneur des anneaux** (document 3)

Sur la photo de droite une raie de référence est prolongée par un pointillé blanc. La raie d'absorption correspondante sur Saturne et ces anneaux est renforcée par un trait noir.

-Trouver par un raisonnement clair où est le pôle nord de la planète Saturne.

4- **47 Ursae Majoris** (document 4)

47 Ursae Majoris (47 UMa) est une naine jaune très similaire au Soleil et située à 46 années-lumière dans la constellation de la Grande Ourse. Des mesures de décalage Doppler de sa lumière ont permis de tracer le graphe de sa vitesse radiale en fonction du temps.

4.1- Expliquer pourquoi l'allure de ce graphique implique la présence d'une exoplanète suffisamment massive autour de l'étoile. Trouver sa période de révolution.

4.2- Trouver la valeur de la vitesse radiale propre de l'étoile par rapport à la Terre.

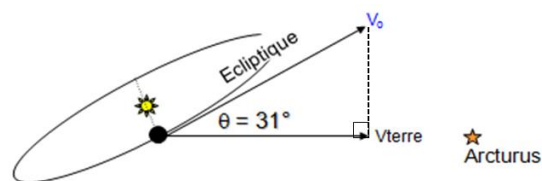
4.3- La situation du schéma de droite peut-elle correspondre au point A, B ou C sur le graphe ?

5- **Arcturus Ἄρκτοῦρος le gardien de la Grande Ourse** (document 6)

5.1- Pourquoi observe-t-on deux décalages spectraux opposés à 6 mois d'intervalle ?

5.2- Montrer que  $V_{\text{terre}} = \frac{1}{2}(V_A - V_B)$  et que  $V^* = \frac{1}{2}(V_A + V_B)$ . Calculer  $V^*$  et calculer la précision par rapport à la valeur indiquée dans le document réalisée par un spectrographe beaucoup plus précis.

5.3- Calculer la vitesse de la Terre  $V_{\text{terre}}$ . Mais le plan de l'écliptique terrestre est incliné de  $\theta = 31^\circ$  par rapport à la direction Soleil-Arcturus. Montrer qu'il faut diviser  $V_{\text{terre}}$  par 0.86 pour obtenir la vitesse orbitale de la Terre  $V_0$ .



5.4- En déduire le rayon de l'orbite de la Terre  $R_T$  autour du Soleil. (un tour de Soleil =  $2\pi R_T$ )

6- **Effet LESLIE** (document 5)

6.1- Justifier les fluctuations de fréquences observées sur le spectrogramme. Le son enregistré est-il un son simple ou un son complexe ?

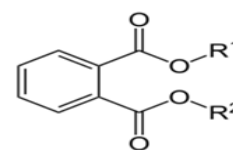
6.2- Quelle est la fréquence du son perçu par l'auditeur quand le cornet se trouve en position A ?

**EXERCICE II : Les phtalates dans les emballages alimentaires**

8 points

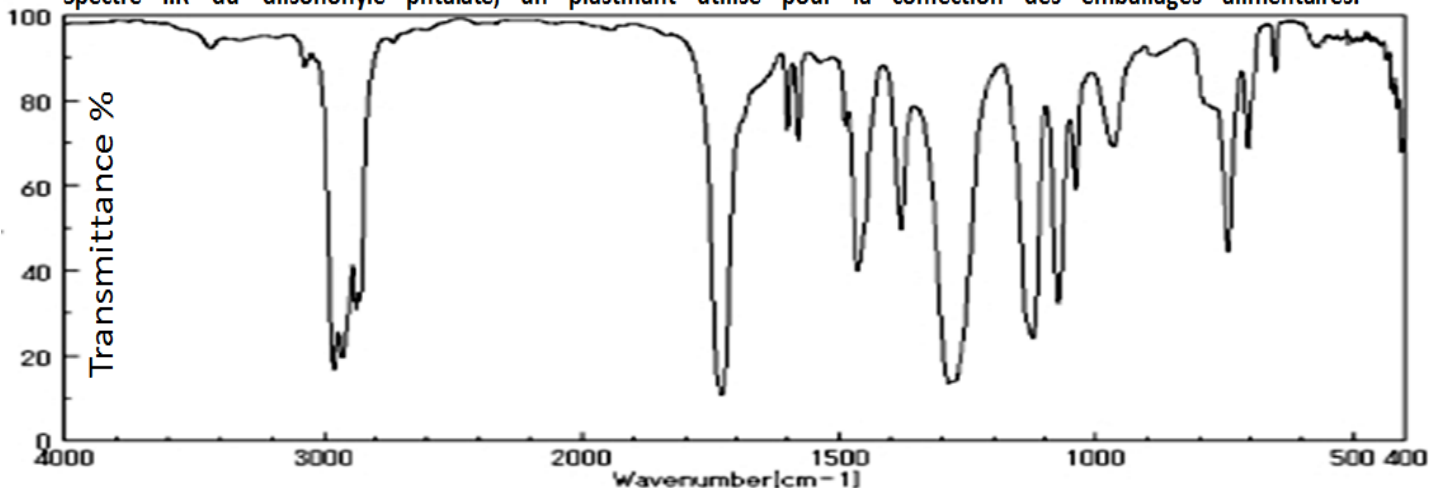
**Document 1 : les PHTALATES**

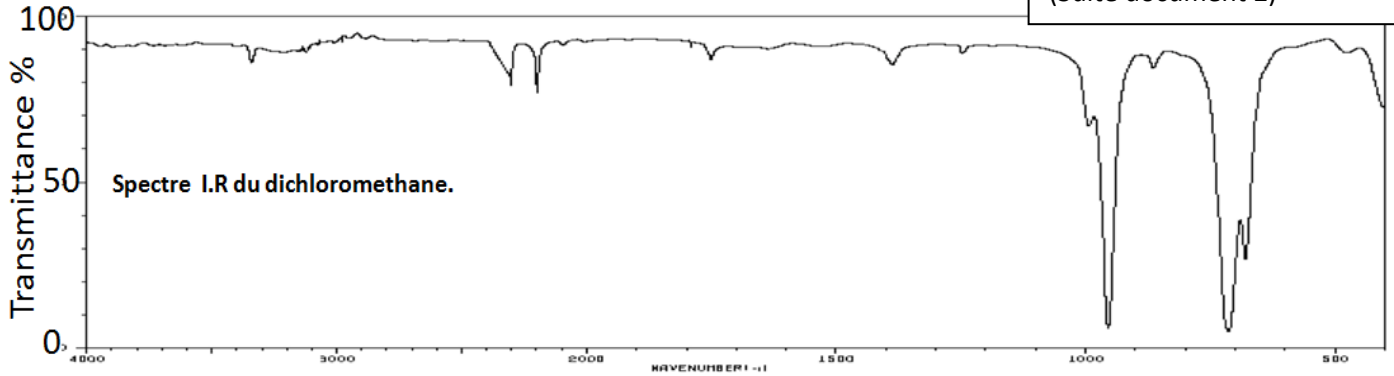
Pour assouplir les matières plastiques et les mettre en forme, les industriels leur ajoutent des plastifiants, comme les phtalates dont la formule générale est donnée ci-après. R1 et R2 désignent des chaînes hydrocarbonées. On considère ici le diisononyle phtalate qui correspond à  $R1 = R2 = C_9H_{19}$



**Document 2 : spectres IR**

Spectre I.R du diisononyle phtalate, un plastifiant utilisé pour la confection des emballages alimentaires.

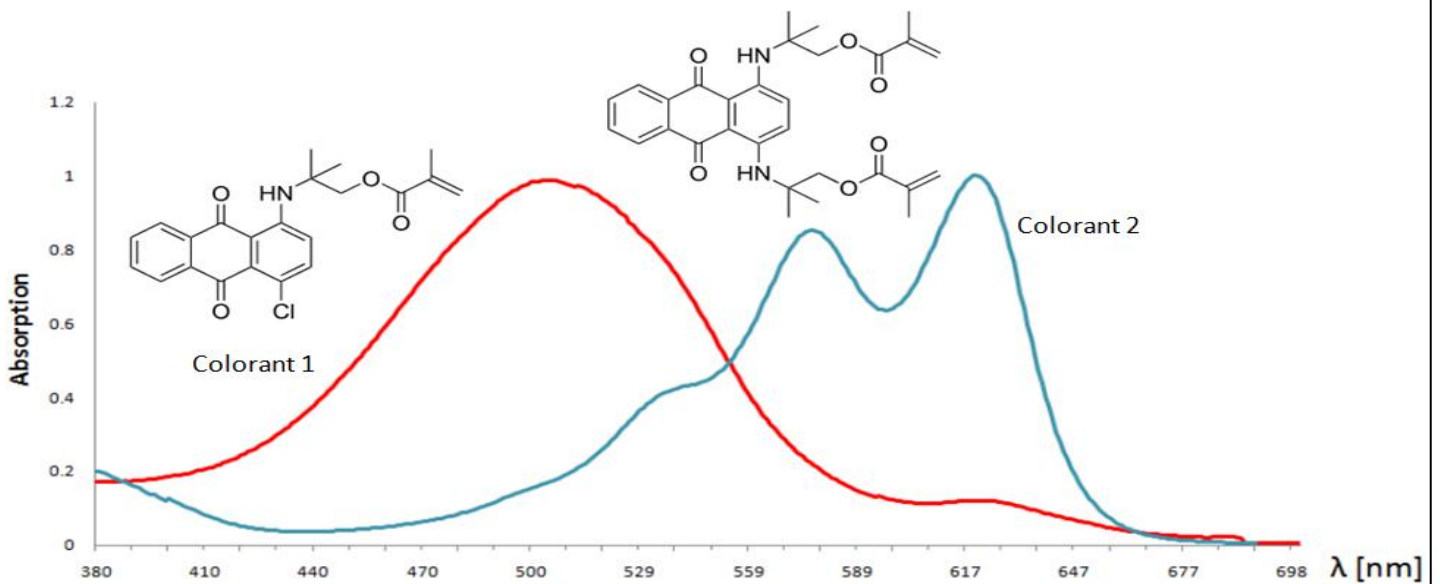




bandes d'absorption de quelques liaisons en infrarouge

Liaison	Nombre d'ondes $\sigma$ ( $\text{cm}^{-1}$ )	Intensité	Liaison	Nombre d'ondes $\sigma$ ( $\text{cm}^{-1}$ )	Intensité
O-H libre	3580-3650	F; fine	C=O ester	1700-1740	F
O-H lié	3200-3400	F; large	C=O aldéh. cétone	1650-1730	F
C-H	3000-3100	M	C=O acide	1680-1710	F
C-H arom.	3030-3080	M	C=C arom.	1450-1600	M
C-H	2800-3000	F	C-H	1415-1470	F

## Document 3 : spectre UV/Visible de colorants pour plastiques



## Document 4 : méthode quantitative ; absorbance et concentration en phtalate

Le diisonyle phtalate commercial est dissous dans le dichlorométhane et analysé par spectroscopie infrarouge.

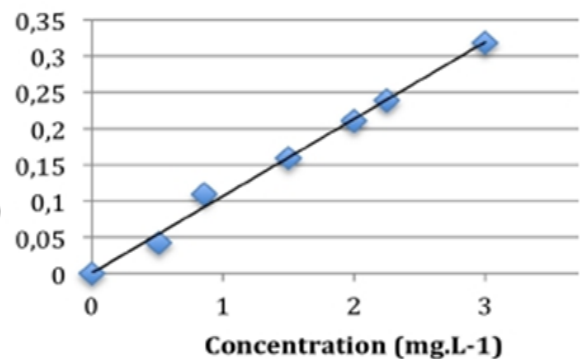
L'absorbance a été mesurée pour la bande d'absorption du diisonyle phtalate se situant à 1450  $\text{cm}^{-1}$ .

La droite d'étalonnage donnant l'absorbance en fonction de la concentration a été tracée.

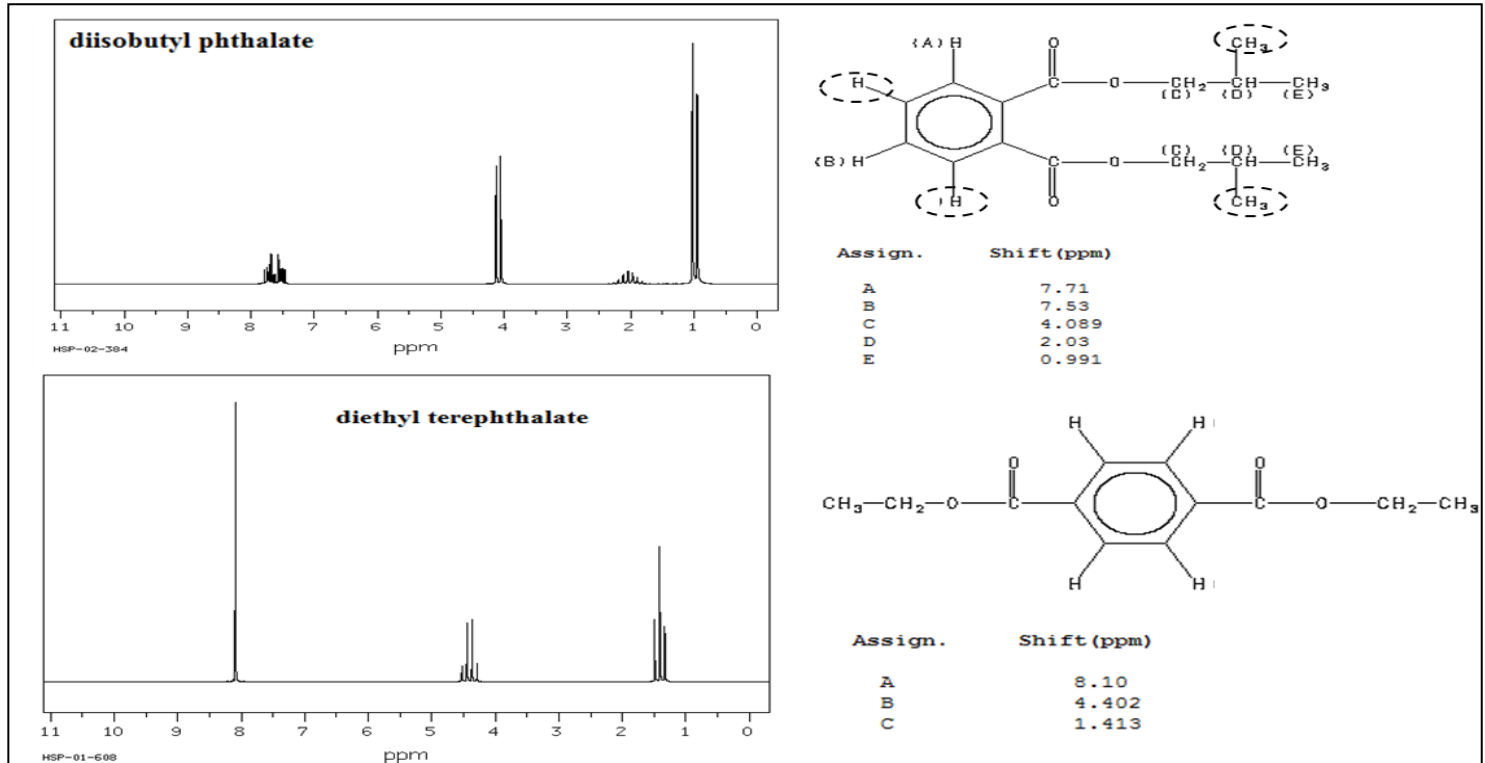
Absorbance

$$y = 0,1065x$$

$$R^2 = 0,99369$$



**Document 5** spectres RMN de quelques phtalates



Les industriels de l'emballage alimentaire ont limité l'utilisation des phtalates dans la composition des plastiques : la teneur en phtalate ne doit pas dépasser 0,1% en masse. Toutefois, certains industriels continuent à utiliser ce plastifiant peu coûteux et très efficace. Des contrôles quantitatifs peuvent être effectués par spectroscopie infrarouge. Cette méthode nécessite d'effectuer une gamme d'étalonnage à partir du produit commercial.

**-Questions-**

- Repérer les groupes caractéristiques des phtalates.
- Le diisononyl phtalate DINP est un plastifiant très utilisé pour la confection des emballages alimentaires.
  - Donner la formule brute de la molécule.
  - Quel type de liaison du DINP est à l'origine de la bande d'absorption à  $1740\text{ cm}^{-1}$  sur le spectre ?
  - Interpréter les bandes d'absorption situées vers  $2900\text{-}3000\text{ cm}^{-1}$  et  $1550\text{-}1600\text{ cm}^{-1}$  ?
- La méthode quantitative par infrarouge utilise la loi de Beer-Lambert.
  - Expliquer le choix du nombre d'onde pour l'étalonnage.
  - Justifier le choix du solvant.
- Un prélèvement de 100 mg est effectué sur un emballage alimentaire. Il est dissous dans 100 mL de dichlorométhane. L'analyse par spectroscopie infrarouge donne, pour la bande à  $1550\text{ cm}^{-1}$ , une absorbance de 0,223.
  - Quelle est la concentration en phtalate dans l'échantillon analysé ?
  - Quel est le pourcentage en masse de phtalate dans l'emballage ?
  - L'échantillon peut-il être mis sur le marché ?
- Pour déterminer la structure d'une molécule de type Phtalate, on utilise la méthode de spectrographie RMN. A côté de ces spectres sont indiqués les déplacements chimiques (ppm) de chaque groupe de pics A,B,C etc.. et sont parfois associés à des atomes d'hydrogène sur les formules développées.(document 5)
  - spectre du diisobutyl-phtalate
    - Associer à chaque H ou groupe de H entourés en pointillé un déplacement chimique A, B, C, D ou E.
    - Indiquer et justifier le nombre de pics pour A,B,C,D,E.
  - spectre du diéthyl-terephthalate : Indiquer sur la formule développée de la molécule, à côté des hydrogènes concernés le pic A, B ou C qui correspond en expliquant la méthode utilisée.
- colorants pour plastiques :
  - Quelles sont les fonctions chimiques identifiables sur les formules développées de ces deux colorants.
  - Peut-on utiliser un des ces deux colorants ( 1 ou 2 ) si on veut colorer en vert vif un support plastique. Justifier.