

Devoir Surveillé n° 7

Durée : 4h00

Mécanique : Sensations fortes à Port Aventura

Les manèges

PortAventura est un parc à thèmes situé au sud de Barcelone à côté de Salou. Ce parc est composé de 40 attractions, nous allons étudier les 4 attractions les plus sensationnelles....

❖ Shambhala

Ce sont les hyper montagnes russes les plus hautes avec 76 mètres. Shambhala bat le record de la descente la plus haute avec 78 mètres, le point le plus bas de la descente se trouvant à 2 m sous le niveau du départ de l'attraction. Après avoir quitté la gare, le train commence à gravir le lift hill à chaîne. Après une trentaine de secondes, la hauteur maximale de 76 mètres est atteinte. Le train s'arrête puis entame alors la première descente inclinée de 86° à son point d'inflexion.



❖ Hurakan Condor

Cette attraction est la plus haute tour de chute libre, après celle de Liseberg, 116 m (Suède) et Giant Drop, 119 m (Australie). La thématique est la suivante : 20 personnes sont offertes en sacrifice au dieu des tempêtes et du vent, Hurakan, elles sont lancées dans le vide de la tour sacrée d'une hauteur de 100 m dont 86 de chute libre. Le système est ensuite stoppé par freinage magnétique.



❖ Furius Baco

Il s'agit de montagnes russes en métal à propulsion hydraulique. L'attraction privilégie la vitesse avec une accélération horizontale de $1.1g$ durant 3,5 secondes, ce qui en a fait les montagnes russes les plus rapides d'Europe jusqu'en 2009.

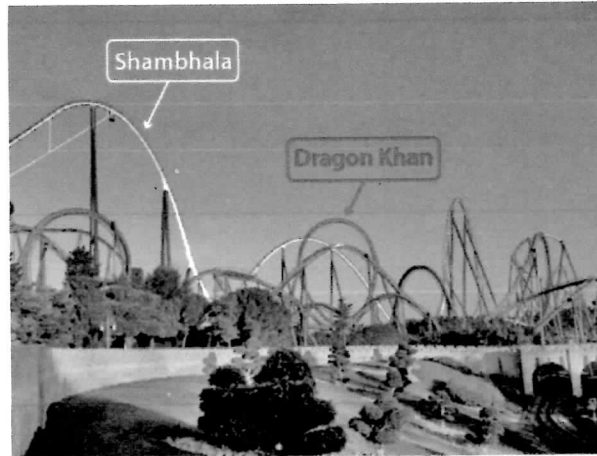


Pour répondre à certaines questions, vous devrez modéliser la situation physique et la mettre en équation. Pour cela :

- vous représenterez par un schéma la situation physique étudiée
- vous choisirez les notations en attribuant un nom à chacune des grandeurs physiques que vous serez amené à introduire
- vous préciserez les lois physiques utilisées
- vous préciserez les différentes hypothèses ou approximations que vous utiliserez

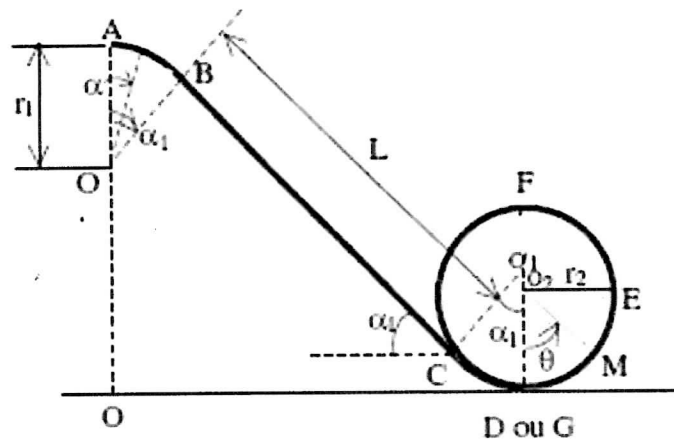
- 1) Estimer les vitesses maximales atteintes sur ces 3 attractions.
- 2) Déterminer par unité de masse, la force de freinage magnétique lors de la chute libre.
- 3) La vitesse maximale de Shambhalla est en réalité de 134 km/h, estimer, par unité de masse, la force de frottement moyenne entre les rails et le train.

- ❖ **Dragon Khan** sont les 3ème montagnes russes situées au parc PortAventura. Elles sont composées de 8 inversions dont un looping vertical.



Nous nous proposons de modéliser le looping vertical.

Un chariot de masse m assimilé à un point matériel de masse m se déplace sur un rail situé dans un plan vertical. Les frottements sont considérés comme négligeables. Le rail est constitué de plusieurs parties :



- une portion de cercle AB (centre O , rayon r_1 , angle α_1)
- une partie rectiligne BC de longueur L et tangente en B à la portion de cercle AB
- une portion de cercle CD (centre O_1 , rayon r_1 , angle α_1), la droite BC est de même tangente en C à la portion de cercle CD.
- un tour d'hélice DEFG, assimilée à un cercle de rayon r_2 , de centre O_2
- une portion rectiligne horizontale GH.

Le chariot est lâché sans vitesse initiale du point A. On note g l'intensité du champ de pesanteur terrestre. Le référentiel terrestre est considéré comme galiléen.

Données : $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$; $m = 1000 \text{ kg}$; $r_1 = 28 \text{ m}$, $\alpha_1 = 45^\circ$.

- 1) Donner l'expression littérale de la vitesse du chariot en B puis en D en fonction de r_1 , L , α_1 et g .
- 2) Déterminer la vitesse du chariot à son passage en M sur l'hélice repéré par l'angle θ en fonction de la vitesse au point D v_D , r_2 , g et θ .
- 3) En utilisant la photo, estimer le rayon r_2 de l'hélice.
- 4) En déduire L_1 la valeur minimale de L pour laquelle le chariot arrive juste en E ($\theta_E = 90^\circ$). Calculer L_1 .
- 5) Établir l'expression de l'intensité de la réaction de la piste en un point de la trajectoire entre A et B repéré par l'angle α .
- 6) Déterminer la valeur de α pour lequel le chariot quitte la piste entre A et B. Conclure.
- 7) Établir l'expression de la réaction du rail dans l'hélice en fonction de θ , m , g , r_1 , r_2 , α_1 et L .
- 8) Pour quelle valeur de θ , la réaction est-elle minimale ? En déduire la condition sur L pour qu'il y ait contact tout au long de la boucle. On note L_2 la valeur minimale, la calculer.

Pour que le chariot puisse parcourir la boucle en toute sécurité, on veut que la réaction du rail soit toujours supérieure au quart du poids du chariot.

- 9) Déterminer la nouvelle condition sur L , permettant au chariot d'arriver en G en toute sécurité, après un tour. On note L_3 la valeur minimale. Calculer L_3 .

Chimie : Casse ferrique dans le vin

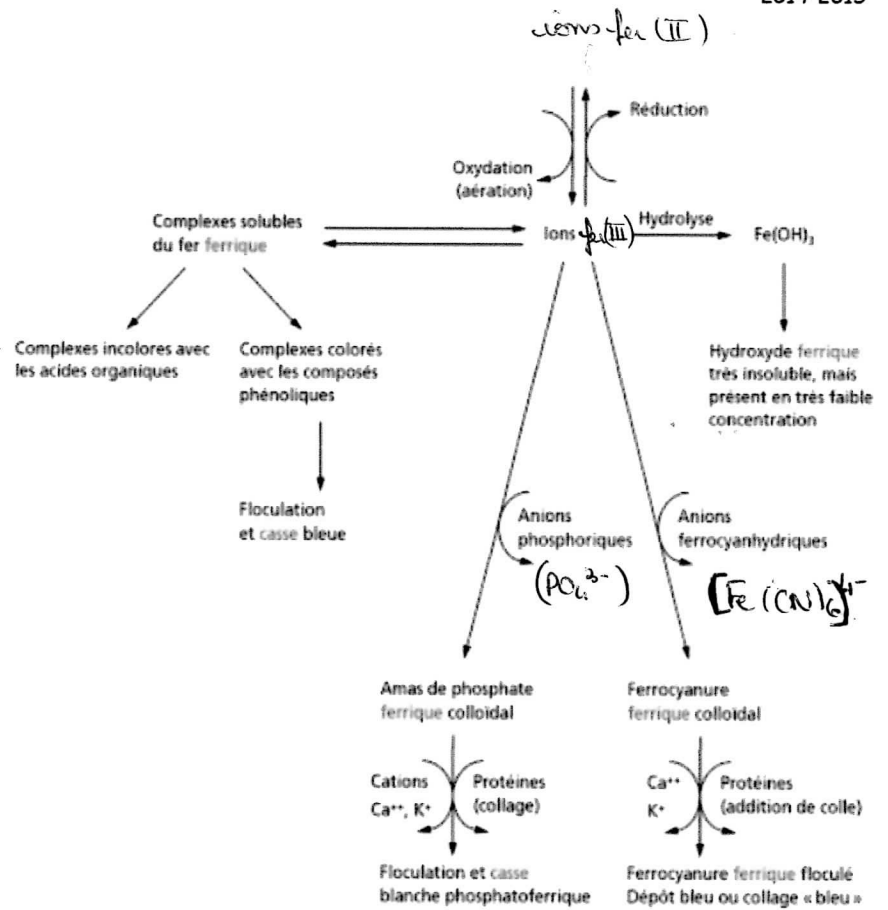
Le vin contient du fer en petite quantité. Il provient de la vigne mais aussi et principalement des parties métalliques du matériel utilisé lors de la vinification.

Dans les vins maintenus à l'abri de l'air, le fer est à l'état ferreux (fer II).

Si le vin renferme de l'oxygène dissout à la suite d'une aération, le fer va passer à l'état ferrique (fer III). Il risque alors de précipiter la matière colorante ou les ions phosphate PO_4^{3-} .

Ces deux casses ferriques peuvent apparaître lorsque la teneur en élément fer atteint 10 mg/l.

Le schéma ci-contre rassemble les différentes réactions du fer dans les vins aérés.



Un traitement possible consiste en l'ajout d'un antioxydant, l'acide ascorbique $C_6H_8O_6$, plus couramment appelé vitamine C. Il possède un caractère réducteur et son emploi ne soulève aucune objection d'ordre hygiénique. L'oxydation de l'acide ascorbique par le dioxygène conduit cependant à la formation d'eau oxygénée H_2O_2 , oxydant puissant pouvant provoquer une altération profonde du vin. On se protège de son action par une teneur suffisante en SO_2

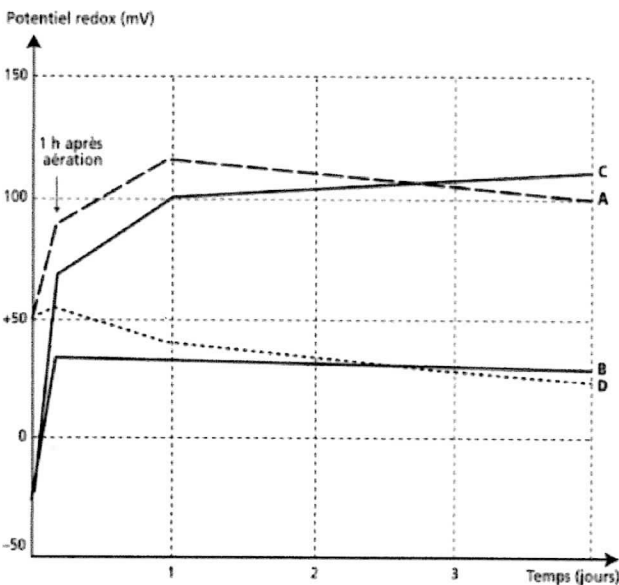


Figure 9.2 — Évolution du potentiel redox dans des vins réduits, aérés après addition ou non de $100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ d'acide ascorbique (Ribéreau-Gayon, 1977).

A : vin rouge témoin; B : vin rouge + acide ascorbique; C : vin blanc témoin; D : vin blanc + acide ascorbique.

Tableau 9.7 — Protection de la casse ferrique par addition d'acide ascorbique avant une aération (Ribéreau-Gayon et al., 1977).

	Fer III 48 heures après aération ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	État de limpidité
Vin blanc (fer total $18 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$)		
Témoin	8	Trouble
+ $25 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ acide ascorbique	3	Limpide
+ $50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ acide ascorbique	1	Limpide
+ $100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ acide ascorbique	0	Limpide
Vin rouge (fer total $15 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$)		
Témoin	6	Légèrement trouble
+ $25 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ acide ascorbique	4	Limpide
+ $50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ acide ascorbique	0	Limpide
+ $100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ acide ascorbique	0	Limpide

Tableau 9.8 — Rétrogradation de la casse ferrique par addition d'acide ascorbique, 48 heures après l'aération qui a provoqué le trouble (Ribéreau-Gayon et al., 1977).

	Au moment de l'addition	48 heures après l'addition	
	Fe III ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	Fe III ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	État de limpidité
Vin blanc (Fe total $24 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$)			
Témoin	9	7	Très trouble
+ $50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ acide ascorbique	9	2	Limpide
Vin rouge (Fe total $16 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$)			
Témoin	5	4	Trouble
+ $50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ acide ascorbique	5	1	Limpide

Données :

$$M(\text{Fe}) = 56 \text{ g/mol}$$

$$E^\circ(\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}) = 0.77 \text{ V}$$

$$E^\circ(\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}) = 1.23 \text{ V}$$

$$K_s(\text{Fe}(\text{OH})_3) = 2 \cdot 10^{-39}$$

On prendra à 25°C : $RT/F \ln x = 0.06 \log x$.

- 1) A quoi correspondent les chiffres II et III relatifs aux ions ferreux et aux ions ferriques ? En déduire la formule chimique des ions ferreux et des ions ferriques.
- 2) Ecrire la réaction mise en jeu suite à une aération du vin.
- 3) Calculer sa constante d'équilibre à 25°C. Conclure.
- 4) Quelle est la formule du précipité à l'origine de la casse blanche ?
- 5) Quel autre précipité peut apparaître si le pH est trop important ? Le pH du vin est généralement compris entre 3 et 4. Déterminer la concentration à partir de laquelle les ions ferrique précipitent. Commenter.
- 6) Déterminer le nombre d'oxydation du carbone dans le couple $\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_6 / \text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$.
- 7) D'après les courbes et tableaux fournis, expliquer le mode d'action de l'acide ascorbique.
- 8) Ecrire les réactions mises en jeu par ajout d'acide ascorbique.
- 9) L'eau oxygénée est une espèce amphotère appartenant aux couples $\text{H}_2\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}$, $\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}_2$. Elle possède un fort pouvoir oxydant mais un caractère réducteur plus faible que les ions ferreux. Proposer un classement des couples suivants sur une échelle de potentiels standards : $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$, $\text{H}_2\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}$, $\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}_2$, $\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}$, $\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_6 / \text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$. Justifier.
- 10) A votre avis, quel défaut présente cette méthode ?
- 11) Le schéma fait allusion à un dépôt bleu (collage bleu). Quelle est la formule du précipité mis en jeu ?