

**CONCOURS COMMUN 1999 DES ECOLES DES MINES D'ALBI, ALES, DOUAI, NANTES.**

**SUJET DE CHIMIE**

**PROBLEME A : A PROPOS DU VIN :**

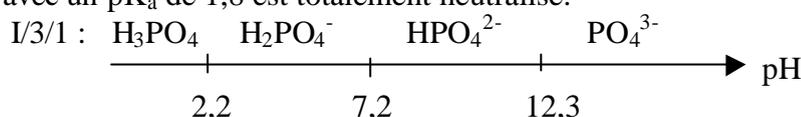
**I DETERMINATION DE L'ACIDITE TOTALE D'UN VIN**

I/1 : Il a fallu verser 6,7 cm<sup>3</sup> de soude 0,1 M donc 0,67 millimole d'ions OH<sup>-</sup> pour 10 cm<sup>3</sup> de vin d'où une acidité totale de 67.

I/2 :  $\text{acide} \xrightarrow{\text{pK}_a} \text{base} \rightarrow \text{pH}$  Pour un couple donné, quand pH = 7 est dans la

zone basique, l'acide a été neutralisé donc tous les couples acido-basiques dont le pK<sub>a</sub> est inférieur à 7 ont été neutralisés.

L'acidité totale ne prend pas en compte uniquement les acides naturels car le dioxyde de carbone dissous naturel a été éliminé et du dioxyde de soufre a été ajouté. Le dioxyde de carbone dissous avec un pK<sub>a</sub> de 6,4 eût été neutralisé aux 4/5, et le dioxyde de soufre introduit avec un pK<sub>a</sub> de 1,8 est totalement neutralisé.



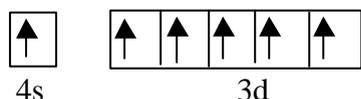
Au pH du vin, soit 3,4, les phosphates sont majoritairement sous la forme H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>.

I/3/2 : Utilisant la relation pH = pK<sub>a</sub> + log(base/acide) et prenant pour valeur de la cc en H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>, forme majoritaire, 13,4 10<sup>-4</sup> mole/litre on écrit : 3,4 = 7,2 + log([HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup>]/13,4 10<sup>-4</sup>). On réitère pour le couple HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> d'où 3,4 = 12,3 + log([PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>]/[HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup>]).

[PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>] = .2673e-15 Le phosphate de fer III précipite quand sa cc atteint [Fe]. [PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>] = 10<sup>-21,9</sup> soit 0.4708 10<sup>-6</sup> mol/l.

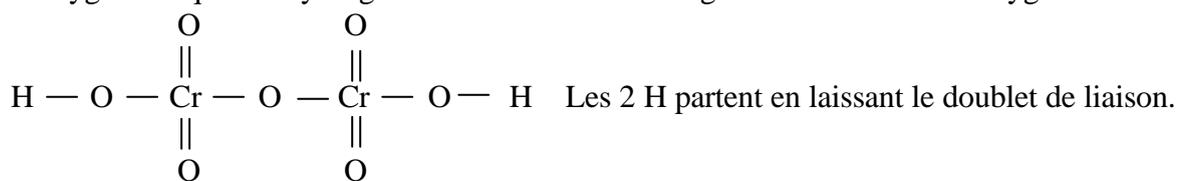
**II DETERMINATION DE L'ALCOOLEMIE DANS LE SANG :**

II-1-1 : [Ar]3d<sup>5</sup>4s<sup>1</sup> car le chrome fait partie avec le Cu des 2 anomalies de remplissage dans la 4ème ligne de la classification périodique. Cr a 6 électrons de valence.

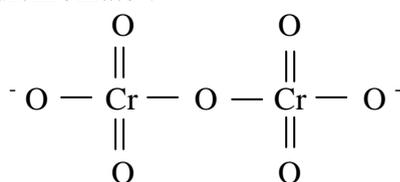


En appliquant la règle de Hund.

II-1-2 : Recherchons la structure de l'acide dichromique sachant l'existence d'un ion central d'oxygène et que les hydrogènes acides mobiles sont généralement liés à l'oxygène.



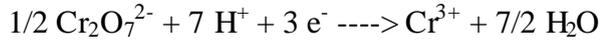
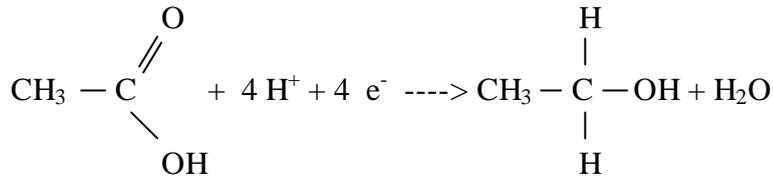
Ion dichromate :



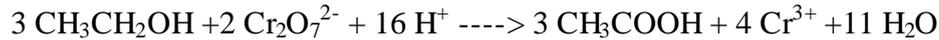
Par les mises en commun d'électrons, le Cr a gagné 6 électrons et a rempli ses sous-couches 4s et 3d, l'oxygène a la structure électronique du gaz rare néon. Dans la théorie Valence Shell Electron Pair Repulsion, la liaison double formant une seule direction, il faut écarter autour de chaque chrome, 4 directions, donc les 4 O autour de chaque Cr sont disposés comme les 4 sommets d'un tétraèdre régulier autour du centre, les angles sont donc égaux valant 109° 28'.

II-2-1 : Les aldéhydes sont des alcools déshydrogénés donc des produits d'oxydation des alcools. Cependant la donnée ici du potentiel standard éthanolique éthanol, de 0,04V, très

inférieur à 1,33V pour le couple du chrome, conduit à penser que l'oxydation se poursuivra jusqu'à l'acide éthanoïque. La demi équation rédox du couple éthanoïque - éthanol s'écrit :



En éliminant les électrons,



II/2/2 : A l'équilibre les potentiels rédox des 2 couples sont égaux.

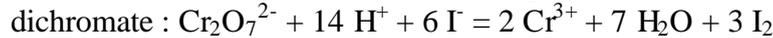
$$0,04 + 0,06/12 * \log\left(\frac{[\text{éthanoïque}]^3 * \text{h}^{12}}{[\text{éthanol}]^3 * \text{c}_o^{12}}\right) =$$

$$1,33 + 0,06/12 * \log\left(\frac{[\text{dichromate}]^2 * \text{h}^{28}}{[\text{Cr}^{3+}]^4}\right)$$

$$0,06/12 * \log K_e = 1,29 \quad K_e = 10^{258} \quad \text{Il est donc légitime de dire que l'oxydation est totale.}$$

II/2/3 : Alcoolémie A = n. de g. d'alcool par litre de sang. On a utilisé 5 cm<sup>3</sup> de sang donc le n. de g. d'alcool est A/200, le n. de mole d'alcool est A/200/46 dans le distillat total. On ne prélève que le 1/8 et le n. de mole de dichromate en est les 2/3 soit 9,06 10<sup>-6</sup>. A

II/3/1 : Demi réaction rédox de l'iode : I<sub>2</sub> + 2 e<sup>-</sup> = 2 I<sup>-</sup> d'où l'équation rédox avec le



Demi réaction rédox du thiosulfate : S<sub>4</sub>O<sub>6</sub><sup>2-</sup> + 2 e<sup>-</sup> = 2 S<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>2-</sup> d'où l'équation rédox avec l'iode : 2 S<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>2-</sup> + I<sub>2</sub> = S<sub>4</sub>O<sub>6</sub><sup>2-</sup> + 2 I<sup>-</sup>

$$\text{II/3/2 : n. de mole d'I}_2 \text{ détruites par S}_2\text{O}_3^{2-} = 1/2 * V_o * 10^{-3} * 1/20 = 25 * 10^{-6} V_o$$

C'était le n. de moles de I<sub>2</sub> produites par la réaction de l'excès de dichromate sur les ions iodure. Excès de dichromate = 1/3 .25 .10<sup>-6</sup> V<sub>o</sub>

II/3/3 : Excès de dichromate s'exprime aussi comme initial - consommé pour l'oxydation de l'éthanol soit (1/12000 - 9,06 10<sup>-6</sup>. A) mole de Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>2-</sup>. Egalons :

$$1/120000 V_o = 1/12000 - 9,06 * 10^{-6} A \quad \text{d'où } A = 0,920(10 - V_o) \quad k = 0,920$$

### III ABSORPTION ET ELIMINATION DE L'ALCOOL DANS L'ORGANISME

III-1-1 : n. de ml d'éthanol absorbés = d° ml/100ml\*V ; masse = d° ml/100ml\*V \* ρ donc

$$a = d^\circ \text{ ml}/100\text{ml} * V * \rho / M \quad \text{A.N. : } a = 0,247 \text{ mol}$$

III/1/2 : Soit x<sub>∞</sub> = a le n. de moles initialement. dx / dt = k<sub>1</sub> (a - x) x = cste \* exp(-k<sub>1</sub> t) + a.

A t = 0, x = 0 d'où x = a (1 - exp(-k<sub>1</sub> t)) exp(-k<sub>1</sub> t) = 1 - x/a -k<sub>1</sub> t = ln (1 - x/a). Il reste à tester la linéarité de ln (1 - x/a) avec t

$$a = 247,3 \text{ mmol}$$

ln (1 - x/a)	0	-0,338	-0,6799	-1,6972	-2,550	-3,0007
t	0	2	4	10	15	18

ln (1 - x/a) = -0,168 t + (-7.10<sup>-3</sup>) et le coeff de corrélation linéaire est -0.9999. L'extrême proximité du coeff de corrélation linéaire avec -1 justifie le modèle mathématique employé.

La valeur de k<sub>1</sub> est 0,168 mn<sup>-1</sup>.

III/2/1 : d(n. de mmol d'alcool / litre) / dt = - k<sub>2</sub> où dt est en heures.

n.de mmol/ litre = A / M \* 1000 d'où une vitesse d'évolution de l'alcoolémie due à l'oxydation de dA / dt = - M / 1000 \* k<sub>2</sub> / 60 pour avoir une vitesse à la minute.

III/2/2 : Pendant dt en mn, le n. de mmol absorbé est (dx / dt) \* dt qui créent un accroissement par litre de (dx / dt) \* dt / V<sub>1</sub> en mmol / litre donc de (dx / dt) \* dt / V<sub>1</sub> \* M / 1000 en gramme par litre. On a donc dA / dt = (dx / dt) / V<sub>1</sub> \* M / 1000 si l'absorption était seule.

La vitesse d'évolution résultante de l'alcoolémie est la somme des 2 vitesses.

dA / dt = (dx / dt) / V<sub>1</sub> \* M / 1000 - M / 1000 \* k<sub>2</sub> / 60, formule valable tant que l'alcoolémie n'est pas nulle car les hépatocytes ne peuvent évidemment pas éliminer un alcool qui n'existe plus.

La loi  $x = a(1 - \exp(-k_1 t))$  fournit  $dx/dt$ , substituons :

$$dA/dt = k_1 * a * \exp(-k_1 t) / V_1 * M / 1000 - M / 1000 * k_2 / 60$$

III-2-3 : L'application numérique donne :  $dA/dt = 0.347 \cdot 10^{-1} \exp(-0.168 \cdot t) - 23/7500$   
qui s'annule pour  $t = 14,45$  minute, durée après l'ingestion pour que l'alcoolémie passe par son maximum.

A est la primitive qui s'annule pour  $t = 0$ .

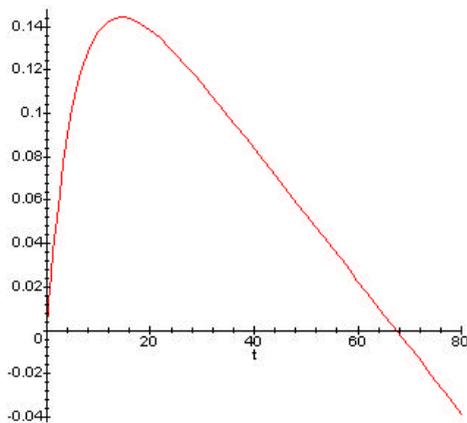
$$A = -(aM/1000V_1) * (\exp(-k_1 t) - 1) - M / 1000 * k_2 / 60 * t$$

La dérivée s'annule quand l'exponentielle vaut  $M / 1000 * k_2 / 60 * (1000V_1/k_1 aM)$  soit  $k_2 V_1 / (60k_1 a)$  d'où l'alcoolémie maximale :

$$A_{\max} = -(aM/1000V_1) * (k_2 * V_1 / (60 * k_1 * a) - 1) - (k_2 M / 60000) * (-1/k_1) * \ln(k_2 V_1 / (60k_1 a))$$

L'application numérique fournit une alcoolémie maximale de 0,144.

alcoolémie



Les valeurs négatives de l'alcoolémie résultent de l'absurdité de la loi d'élimination quand on atteint une alcoolémie nulle, en fait, après 68 mn, l'alcoolémie reste nulle.

Rappelons que les règlements de sécurité routière autorisent une alcoolémie maximale de 0,5 g/l au moment de la prise de sang sur le conducteur.

$$\text{III-3 : } A_{\max} = -(a * M / 1000 / V_1) * (k_2 * V_1 / (60 * k_1 * a) - 1) - (k_2 M / 60000) * (-1/k_1) * \ln(k_2 V_1 / (60k_1 a))$$

$aM/1000 = m_0$  et  $V_1 = r * m$  d'où

$$A_{\max} = m_0 / r * m * (1 - k_2 * r * m / 60 / k_1 * M * m_0 / 1000) + k_2 / k_1 * M / 60000 * \ln(k_2 * r * m / 60 / k_1 * M * m_0 / 1000)$$

La formule de Widmark est en approximative concordance si le premier terme ci-dessus est très supérieur aux autres. Dans l'exemple numérique étudié, l'exponentielle vaut 0,088 donc est 1/11 du 1 dont on la soustrait, quand au deuxième terme

$k_2 / k_1 * M / 60000 * \ln(k_2 * r * m / 60 / k_1 * M * m_0 / 1000)$ , il vaut dans l'application numérique -0,044 à comparer à l'alcoolémie maximale 0,144.

La concordance entre le modèle cinétique et la formule de Widmark n'est donc que médiocre.

## **PROBLEME B : DETERMINATION DU POUVOIR CALORIFIQUE D'UN MELANGE COMBUSTIBLE**



I-2 : La formation standard se fait à partir des corps simples dans leur état de référence standard, soit le graphite pour le C et l'hydrogène diatomique pour l'hydrogène.

$\Delta H^\circ$  pour le passage de 8 moles de graphite à l'état de C atomique :  $8 * 716,7$  kJ

$\Delta H^\circ$  pour le passage de 9 moles de dihydrogène à l'état d'H atomique :  $18 * 218,0$  kJ

Combien de liaisons C-C à former ? 7 donc  $\Delta H = -7 * 345$  kJ

Combien de liaisons C-H à former ? 18 donc  $\Delta H = -18 * 415$  kJ

Le bilan est l'enthalpie standard de formation de l'octane soit -227,4 kJ.

$$I-3 : \Delta H_{\text{combustion}}^{\circ} = 9 \cdot (-241,8) + 8 \cdot (-393,5) - (-227,4) = -5096,8 \text{ kJ}$$

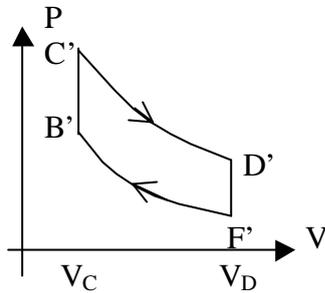
$$I-3 : 1 \text{ cm}^3 = 0,72 \text{ g} = 0,72 / (96+18) \text{ moles soit } q = 0,72 / (96+18) \cdot 5096,8 = 32,2 \text{ kJ/cm}^3$$

### SUJET DE PHYSIQUE

#### I THERMODYNAMIQUE

#### DETERMINATION DE LA CONSOMMATION D'ESSENCE D'UN SCOOTER

I-1 :



I-2 : 1 tour = 1 cycle durée d'un cycle =  $60/7000 \text{ s} = 8,57 \text{ ms}$ .  $v_{\text{moy piston}} = 2 \cdot \text{course} / \text{durée}$  d'un cycle soit  $9,15 \text{ m/s}$ .

Théorème d'équipartition de l'énergie,  $3 \cdot (1/2 \cdot k \cdot T)$  pour les 3 d° de liberté de translation excités d'une molécule fictive d'air dont nous prendrons la masse molaire  $29 \text{ g}$ .

$$3 \cdot (1/2 \cdot k \cdot T) = 1/2 \cdot 0,029 / \text{Avogadro} \cdot v^2 \text{ avec } k \text{ Boltzman} = R / \text{Avogadro}$$

$$v = 507,8 \text{ m/s}$$

Pour calculer le travail reçu par le gaz, on définit une puissance dont on calcule l'intégrale sur la durée des chocs intervenant dans un intervalle de temps. Cette puissance est le produit scalaire de la force moyenne exercée par le piston sur les molécules avec la vitesse moyenne des molécules. Pour un piston immobile au contact d'un gaz dans lequel il n'y a pas de vent (donc vitesse moyenne nulle), la vitesse moyenne est nulle et le travail reçu est nul. Si le piston se déplace à une vitesse qui n'est pas négligeable par rapport à la vitesse quadratique moyenne thermique des molécules, le piston va très fortement perturber la vitesse moyenne en relançant violemment les molécules devant lui. La vitesse moyenne va devenir colinéaire au mouvement du piston et la puissance sera importante

Pour calculer les échanges de chaleur, on utilise la force aléatoire et la vitesse aléatoire des molécules. L'étude ci-dessus montre que la vitesse des molécules sera moins aléatoire puisqu'elles sont relancées par un piston rapide.

Le travail reçu sera très supérieur à la chaleur reçue, c'est ce qui permet de considérer les transformations C'D' et F'B' comme adiabatiques.

I-3 : La loi de Laplace  $Pv^\gamma = \text{cste}$  s'applique à un gaz parfait dont on peut considérer le rapport  $C_p/C_v$  comme constant, quand ce gaz subit une transformation adiabatique.

Adiabatique et réversible entraîne isentropique car le système ne reçoit pas d'entropie d'échange vu l'adiabaticité et il n'y a pas de création d'entropie vu la réversibilité.

Isentropique = pas de variation d'entropie.

La nature du système n'intervient pas dans le raisonnement.

$$I-4 : P_F \cdot V_D^\gamma = P_B \cdot V_C^\gamma \text{ soit } a^\gamma = 6 \text{ bar} / 1 \text{ bar} \quad a = 3,60$$

I-5 : Pas de travail reçu sur B'C' ni D'F',  $W = u_{B'} - u_{F'} + (u_{D'} - u_{C'})$  en raison de l'adiabaticité.

$$W = n \cdot (R / (\gamma - 1)) [T_B - T_F + (T_D - T_C)] \text{ et } n = P_F \cdot V_D / R / T_F$$

$$I-6 : Q = n \cdot C_v \cdot (T_C - T_B) \text{ ou } Q = (P_F \cdot V_D / R / T_F) \cdot (R / (\gamma - 1)) \cdot (T_C - T_B)$$

$$I-7 : \eta = \text{agréable/désagréable} \text{ soit ici } \eta = -W/Q = -[T_B - T_F + (T_D - T_C)] / (T_C - T_B)$$

Sur une adiabatique,  $TV^{\gamma-1} = \text{cste}$  d'où  $T_F = (1/a)^{\gamma-1} \cdot T_B$  et de même  $T_D = (1/a)^{\gamma-1} \cdot T_C$

$$\eta = -(1 - (1/a)^{\gamma-1}) (T_B - T_C) / (T_C - T_B) \quad \eta = 1 - (1/a)^{\gamma-1}$$

$$I-8 : W \text{ en } 1 \text{ s.} = 4,4 \text{ kJ} \quad \text{durée d'un cycle} = 60/7000 \text{ s} \quad W \text{ par cycle} = 37,71 \text{ J}$$

$$Q \text{ libéré par cycle} = W / \eta \quad \eta = 0,4 \quad \text{et} \quad Q \text{ libéré par cycle} = 94,13 \text{ J}$$

I-9 : 100 km = 100/45\*3600 seconde soit 8000\*4,4 kJ en travail soit avec un rendement de 0,4 8000\*4,4 /0,4 = 88 MJ pour la combustion à diviser par q pour trouver le volume d'essence soit 88000/30 en cm<sup>3</sup> . Le scooter consomme 2,93 litre aux 100km. Cette valeur est concordante avec la consommation d'un tel engin.

I-10 : Sur la boucle IB'C'D', il y a travail utile produit par le gaz, ce travail change de signe sur la boucle IEE'F'G et vient en déduction du travail précédent. Le rendement s'en trouve diminué et la consommation augmentée.

I-11 : Un cycle de diagramme de Watt, pour un moteur 2 temps ou 4 temps fournit le même travail. Si les 2 moteurs tournent à la même vitesse, le cycle nécessitant 1 seule rotation du vilebrequin pour le 2 temps, contre 2 rotations pour le 4 temps, il y 2 fois plus de cycles décrits avec le 2 temps qui produit donc 2 fois plus de travail.

Que la puissance soit réellement 1,5 fois supérieure seulement résulte d'un mélange partiel des gaz brûlés et des gaz admis, d'un échauffement supérieur du 2 temps qui nécessite une lubrification incorporée dans le carburant.

## II MECANIQUE

### TIR D'UN OBUS VERS LE ZENITH

#### II-1- ON CONSIDERE LE REFERENTIEL LIE A LA TERRE GALILEEN

II-1-1-a :  $v = -g*t + v_0$

II-1-1-b :  $E_{méca} = E_{cin} + E_{pot} = \frac{1}{2} m*v^2 + m*g*z$ . Si on néglige les frottements de l'obus sur l'air, toutes les forces sont conservatives et l'énergie mécanique de l'obus se conserve. A l'altitude max,  $E_{méca} = m*g*z_{max}$  Altitude maximale = 500 m

II-1-1-c : L'obus retombe sur le canon qui l'a tiré. A l'altitude max, la vitesse s'annule donc l'instant correspondant vaut 10s. et il retombe après 20s.

II-1-2-a :  $force = k*long^4/temps^2$   $masse*long/temps^2 = k*long^4/temps^2$

$k = masse/long^3$  k a la dimension d'une masse volumique.

II-1-2-b :  $m := \frac{4}{3}*\pi*r_0^3*\rho$   $m = 5,916$  kg  $poinds = 59,16$ N  $force$  de frottement au départ de l'obus = 19,63 N Il n'est pas raisonnable de négliger les frottements sur l'air pour prévoir le mouvement de l'obus.

II-1-2-c :  $m*dv/dt = -m*g - k*\pi*r_0^2*v^2$  en multipliant par 2\*(la vitesse), on obtient  $m*du/dt = -2*m*g*v - 2*k*\pi*r_0^2*u*v$  et  $du/dt = du/dz*v$  donc

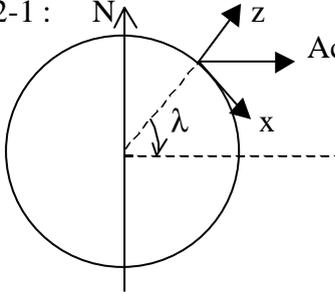
$du/dz = -2*g - 2*k*\pi*r_0^2*u/m$  qui a pour solution

$u(z) = -30133.3 + cste*exp(-.6637168145e-3*z)$  pour  $z=0$ ,  $u=v_0^2$  donc

$u(z) = -30133.33 + 40133.33*exp(-.663e-3*z)$

$z = -1506.66*\ln(.7508 + .2491e-4*u)$  qui donne pour  $u=0$ ,  $z_{max} = 431,8$  m Comme logique l'obus monte moins haut (500 m précédemment) quand on prend en compte les frottements sur l'air.

#### II-2- On considère que le référentiel lié à la terre (A,x,y,z) est non galiléen

II-2-1 :  Acc. inertie entraînement

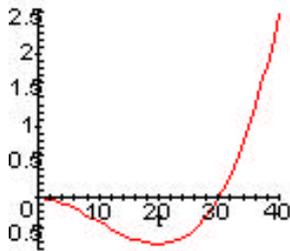
$\lambda$  latitude est mesuré autour de  $y$ , ce qui fait des latitudes positives dans l'hémisphère nord.

$m*dv/dt = mg - m*2*w_0 \wedge v$  avec  $v$  la vitesse relativement à la terre. La force d'inertie

d'entraînement est incluse dans  $g$  qui cumule le champ gravitationnel et ce champ d'inertie

$dv/dt = g - 2*w_0 \wedge v$

II-2-2 : C'est le principe des méthodes de perturbation. On calcule un phénomène en négligeant certaines corrections, puis on tient compte des corrections qu'on évalue en utilisant le résultat sans corrections.  $v = -g*t + v_0$  sur  $z$   
 Projétons sur  $y$  :  $d^2y/dt^2 = -2*\omega_0*(-g*t + v_0)*\sin(\pi/2-\lambda)$  dont l'intégration tenant compte de  $y = 0$  et  $dy/dt = 0$  à  $t = 0$  fournit  $y(t) = -.004789 t^2 + .0001596 t^3$ . L'obus tombant au sol à  $t = 20s$ . sa déviation est de  $-63,8$  cm qui est donc une déviation vers l'ouest.



Le tracé de  $y(t)$  montre que à long terme, en l'occurrence au-delà de 30s, l'obus étant en chute libre dans un puits creusé là où il retombe, la déviation change de signe. Elle passe donc à l'est ce qui est le résultat classique des billes lâchées dans les puits.

La latitude  $\cos(\lambda)$  qui est en facteur dans l'accélération sur  $y$ , reste en facteur dans  $y$  en raison des conditions initiales.  $\cos(\lambda)$  étant toujours positif, la déviation est toujours vers l'ouest quel que soit l'hémisphère. Elle devient nulle quand on est à l'un des pôles géographiques où  $\lambda = \pm\pi/2$ .

II-2-3 :  $g$  contenant l'accélération d'inertie d'entraînement, n'est pas dirigé vers le centre de la terre comme nous l'avons supposé, mais pour un point de l'hémisphère nord, pointe vers un point situé sous le centre de la terre. Mersenne doit constater que son obus tombe également au sud du point de lancement. L'accélération d'inertie d'entraînement projetée sur  $x$  vaut  $\omega_0^2 * \text{rayon terrestre} * \cos(\lambda) * \sin(\lambda)$  soit  $.0169 \text{ m/s}^2$  et elle est négative. La déviation sur  $x$  est donc  $1/2 * \text{cette accélération} * (\text{durée en l'air})^2$  soit  $3,38$  m vers le sud. Cette déviation est donc plus importante que la déviation vers l'ouest.

### **II-3- Analyse du mouvement de l'obus dans le référentiel géocentrique.**

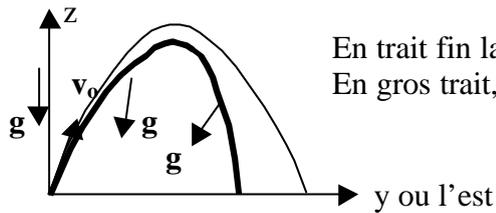
II-3-1-a : Référentiel géocentrique = référentiel centré au centre de la terre utilisant 3 axes joignant le centre de la terre vers 3 étoiles particulièrement éloignées de notre galaxie. Ce référentiel est en translation par rapport à celui de Copernic, mais vu que le centre de la terre décrit un cercle dans le référentiel de Copernic, il est dans une translation qui n'est pas rectiligne uniforme. Le référentiel de Copernic est un très bon référentiel galiléen. Une C.N.S. pour qu'un référentiel soit galiléen est qu'il soit en translation rectiligne et uniforme par rapport à un référentiel galiléen. Le référentiel géocentrique ne remplit pas cette condition, cependant sur la durée de vol de l'obus, le changement de direction Copernicienne de la vitesse du centre de la terre sur son orbite est négligeable.

II-3-1-b :  $\mathbf{V}_{\text{géo}} = \mathbf{V}_{\text{terre}} + \mathbf{V}_{\text{entraînement}}$  La  $\mathbf{V}_{\text{entraînement}}$  est  $\omega_0 * \text{rayon terrestre} * \cos(\lambda) * \mathbf{y}$  donc  $\mathbf{V}_{\text{géo}} \text{ initiale} = v_0 * \mathbf{z} + \omega_0 * \text{rayon terrestre} * \cos(\lambda) * \mathbf{y}$   $\mathbf{x}, \mathbf{y}, \mathbf{z}$  sont les vecteurs unitaires déjà utilisés, liés à la terre, construits autour du point A.

II-3-2 : Soit  $A_0$  le point lié au géocentrique coïncidant avec le point de lancement A.  $A_0$  et les 3 vecteurs précédents que je verrouille dans le géocentrique font un référentiel géocentrique donc galiléen. Avec une accélération parallèle à  $\mathbf{z}$ , le mouvement sur  $\mathbf{y}$  est uniforme donc la déviation sur  $\mathbf{y}$  est  $\omega_0 * \text{rayon terrestre} * \cos(\lambda) * (\text{durée de vol de l'obus})$  et il n'y a pas de déviation sur  $\mathbf{x}$ . Mais dans le référentiel géocentrique, le point A a tourné et a parcouru la même distance. Obus et A ayant eu le même déplacement dans le même temps dans le géocentrique, ils se rencontrent à nouveau.

Pour les observateurs géocentriques qui laissent la terre filer sous leurs pieds, le tir se fait vers l'est mais le caractère radial de  $g$  fait que dans l'espace parcouru par l'obus,  $g$  acquiert une

composante qui tend à ramener l'obus en arrière d'où il va moins loin que prévu et touche la terre à l'ouest du point de lancement.



En trait fin la trajectoire dans l'hypothèse  $g$  uniforme.  
En gros trait, la trajectoire compte tenu de la non uniformité de  $g$

### III-ELECTRICITE

#### PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UN ETHYLOMETRE

III-1 : Le système est à rétroaction avec retour sur la patte -, ce qui entraîne la stabilité du système. La tension de sortie s'asservit donc à une tension différentielle d'entrée nulle. La photodiode est donc en court-circuit d'où  $i_{PO} = i_{cc}$ .

III-2-1 :  $\beta$  est en inverse de Volts.

III-2-2 : Le courant absorbé par l'entrée inverseuse étant nul, la diode D est parcourue par le courant de court circuit de la photopile.

III-2-3 :  $i_D = 7,5 \cdot 10^{-14} (\exp(39 \cdot u_D) - 1)$  mais pour la gamme des  $u_D$  utilisés, le 1 est négligeable relativement à l'exponentielle. d'où  $u_D = 1/\beta \cdot \ln(i_{PO}/i_{sat})$   $u_D = 0,0256 \cdot \ln(1,133 \cdot 10^{14} \cdot i_{PO})$

III-3-1 : En raison de l'asservissement à une différence à l'entrée nulle,

$$V_{SO} = -u_D = 1/\beta \cdot \ln(i_{sat}/i_{PO})$$

III-3-2 : Même formule donc  $V_S = 1/\beta \cdot \ln(i_{sat}/i_P)$

III-4 :  $V^+ = V_S \cdot R_2 / (R_2 + R_1) = V^-$  et simultanément  $(V^- - V_{SO})/R_1 = (V^- - V_{SO})/(R_1 + R_2)$  En éliminant  $V^-$  on obtient  $V = R_2/R_1 \cdot (V_S - V_{SO})$

III-5 : Substituons  $V_S$  et  $V_{SO}$  en fonction des courants délivrés par les photopiles.

$V = R_2/R_1 / \beta \cdot \ln(i_{PO}/i_P)$  et vu la proportionnalité entre courants des photopiles et flux lumineux,  $V = R_2/R_1 / \beta \cdot \ln(\phi_{PO}/\phi_P)$   $V = R_2/R_1 / \beta \cdot \ln(10) \cdot (\lg(\phi_{PO}) - \lg(\phi_P))$  et en tenant compte de la définition de l'absorbance,  $V = R_2/R_1 / \beta \cdot \ln(10) \cdot (A_{P(\lambda)} - A_{PO(\lambda)})$  Pour terminer, d'après la loi de Lambert-Beer, l'absorbance est proportionnelle à la cc en espèce colorée. En utilisant comme longueur d'onde, une des raies absorbées par le produit de réduction du dichromate, l'ion  $Cr^{3+}$ , on aura  $A_{PO(\lambda)}$  qui sera nul tandis que  $A_{P(\lambda)}$  sera proportionnel à la cc en  $Cr^{3+}$ , elle même proportionnelle à la quantité d'éthanol oxydé. Finalement,  $V = cste \cdot (\text{la quantité d'éthanol dans la quantité précise d'air alvéolaire})$ .

III-6 : Supposons que 2 courts circuits en parallèle sur les 2 capacités, soient ouverts à  $t = 0$ .

Posons  $\tau = R_1 \cdot C$ .  $V^+$  est la tension de charge d'un condensateur donc  $V^+ = V_S \cdot (1 - \exp(-t/\tau))$

Le courant de charge de l'autre condensateur est  $(V^+ - V_{SO})/R_1 = C \cdot d(V^+ - V)/dt$

En remplaçant  $V^+$  on obtient  $dV/dt = 1/\tau \cdot (V_{SO} - V_S) + 2/\tau \cdot V_S \cdot \exp(-t/\tau)$  Sur des durées de quelques  $\tau$ , le système est un intégrateur de différence car l'exponentielle deviendra négligeable.

La tension  $V$  ayant une évolution linéaire, le système va inéluctablement atteindre la saturation qui est constante caractéristique de l'A.O. et n'est donc pas une information.