

## CONCOURS MINES -PONTS -TÉLÉCOM, ANNÉE 2002 PHYSIQUE I, FILIERE MP

Ce n'est qu'une proposition de solution ; ceux qui voudrait améliorer cette correction communiquer votre solution à [gthomass@club-internet.fr](mailto:gthomass@club-internet.fr).

|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |  |
|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| 1 | Pression intensif. Volume: extensif $[P + n^2a/V^2](V-nb) = nRT$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |  |
| 2 | <p>Dans le modèles des sphères dures le covolume est le volume occupé par les molécules pour une très grande pression . On montre qu'il est égal au quart du volume d'une sphère</p> <p>Si <math>R</math> = rayon d'une molécule <math>b \approx R^3 N_A</math></p> <p>Avec <math>R = 400 \text{ pm}</math> <math>b = 3,8.10^{-5} \text{ m}^3.\text{mol}^{-1}</math></p> <p>On donne dans des tables He ( 2,34) <math>H_2</math> ( 2,66) <math>CO_2</math>( 4,29) <math>N_2O</math>( 3,19)..... <math>\times 10^{-5}</math></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |  |
| 3 | <p>Le potentiel est nul à l'infini, répulsif à courte distance (effets compliqués, quantiques) et attractif à grande distance ( forces en <math>1/r^7</math> ). (effets électrostatiques c'est à dire interaction dipôles / dipôles ; forces de Debye , Keesom ....). Le minimum représente la distance interparticulaire moyenne</p> <p>particulaire moyenne.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |  |
| 4 | <p>La pression est la combinaison de deux termes dont l'un qui existe seul dans le cas des gaz parfaits est associé à la variation de quantité de mouvement des particules ( pression cinétique <math>p_c</math> , l'autre est due à l'action des autres particules du volume de fluide sur lequel on étudie l'action de contact ( pression moléculaire <math>p_m</math> ) . Cette <math>p_m</math> est toujours faible sauf au moment du contact. <math>P_c</math> est toujours positive et <math>p_m</math> est <math>&gt;0</math> si les forces qui les causent sont attractives : <math>p_c = p(\text{ mesurée sur une paroi}) + p_m</math></p> <p>Cette pression est proportionnelle au nombre de molécule et donc à la densité volumique ; les molécules qui subissent cette action sont aussi contenues dans un volume du même ordre donc aussi proportionnel à la densité volumique donc la pression moléculaire varie en <math>1/V^2</math></p> <p>Les forces d'attraction de Van der Waals sont des forces attractives ( interaction dipôle/dipôle en <math>1/r^7</math> ) ; elles sont négligeables à une distance du nm .</p> <p>La pression mesurée est inférieure à la pression cinétique, due aux seuls chocs, réputés élastiques, sur les parois (poser <math>b = 0</math>).</p> <p>Lorsque <math>V</math> croît , la distance entre les molécules augment et le terme correctif diminue ce qui justifie une fonction décroissante du volume</p> |  |
| 5 | <p>Trois relations : <math>P = f(V, T)</math></p> <p><math>dP/dV=0</math> à <math>T</math> fixé : <math>RT / (V-b)^2 = 2a/V^3</math></p> <p><math>d^2P/dV^2=0</math> à <math>T</math> fixé ( tangente d'inflexion horizontale sur l'isotherme critique )</p> <p><math>2RT/(V-b)^3 = 6a/V^4</math></p> <p>soit <math>2/(V-b) = 3/V</math> soit le point critique : <math>V_c = 3b</math> <math>T_c=8a/27bR</math> <math>P_c = a/27b^2</math></p> <p>Les coordonnées du point critique se calculent à partir des grandeurs empiriques <math>a</math> et <math>b</math>, qui mesurent l'écart par rapport au gaz parfait. Bien entendu, il n'y a aucune raison d'exiger que le point critique soit situé aussi sur l'isotherme du gaz parfait correspondant à la température critique !</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |  |
| 6 | <p>Pour <math>T &gt; T_c</math>, l'allure des isothermes est vaguement hyperbolique et ressemble à s'y méprendre à l'isotherme du gaz parfait. Aux températures inférieures à la température critique, la relation <math>(P, V)</math> n'est plus uniforme et plusieurs volumes peuvent être mathématiquement associés à la même pression. Verdict de l'expérience : dans les systèmes normaux, une dilatation isotherme devrait s'accompagner d'une diminution de pression.</p> <p>Seul le cas <math>T &lt; T_c</math> est modifié avec apparition d'un palier de changement d'état.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |  |
| 7 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |  |

|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |  |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|    | L'isotherme basse température est représentée par un palier le long duquel s'effectue la transition de phase (délimitée par la courbe de saturation)                                                                                                                                                        |  |
| 8  | Le facteur de compressibilité est $Z_C = 3/8 = 0.375$ .<br>Au voisinage du point critique l'équation de Van der Waals n'est pas très performante. L'écart avec la valeur mesurée, de l'ordre de 60 % montre que l'isotherme critique est beaucoup plus aplati que ne le prévoit l'équation de Van der Waals |  |
| 9  | Par simple substitution $\alpha = 8$ ; $\beta = 3$ et $\gamma = 3$                                                                                                                                                                                                                                          |  |
| 10 | En faisant $p^* = p_r - 1$ et $\rho^* = 1/V_r - 1$ dans l'équation précédente, on trouve que $\delta = 3$ . $D = 3/2$<br><br>$p^* = 4(1 + \rho^*)(1 - \rho^*/2)^{-1} - 3(1 + \rho^*)^2 - 1 = 3/2 \rho^{*3}$                                                                                                 |  |

|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| 11 | Le modèle de Van der Waals est franchement mauvais loin du point critique                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |  |
| 12 | Tube de Natterer, opalescence critique, fluctuations de densité et donc d'indice optique. Ou système utilisé en TP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |  |
| 13 | $dU = TdS - pdV \quad dS = \frac{1}{T}dU + \frac{p}{T}dV$ $S \text{ est une fonction d'état donc } dU = \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_V dT + \left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T dV$ $dS = \frac{1}{T} \left[ \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_V dT + \left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T dV \right] + \frac{p}{T}dV$ $\text{On écrit que } \frac{\partial}{\partial V} \left[ \frac{1}{T} \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_V \right]_T = \frac{\partial}{\partial T} \left[ \frac{1}{T} \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_V + \frac{\partial}{\partial T} \left(\frac{p}{T}\right) \right]_V$ $\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T = T^2 \left[ \frac{\partial}{\partial T} \left(\frac{p}{T}\right) \right]_V$ <p>On obtient alors l'équation demandée</p> |  |
| 14 | La différence entre les énergies internes d'un gaz parfait et d'un gaz réel provient de la dépendance de U avec V<br><br>$U_{GR} - U_{GP} = U(T, V) - U(T, \infty) = \int_0^\infty T^2 \frac{\partial(P/T)}{\partial T} dV$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |
| 15 | $\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T = -a/V$ <p>Pour le gaz de Van der Waals, la relation</p> <p>L'énergie interne du gaz de Van der Waals est inférieure à celle du GP pour des valeurs identiques de T et V du fait de l'existence des interactions attractives.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |



|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |  |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| 16   | L'énergie interne est conservée dans une détente de Joule Gay-Lussac $V$ augmentant, $-a/V$ augmente, Il faut donc que $T$ diminue. Le gaz se refroidit. a Mathématiquement : $dU = C_v dT + (a/V^2) dV \rightarrow dT < 0$ .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |
| 17   | $U_{GR} = U_{GP} - a/V \quad U_{GR} = c_{VGF} (T - T_0) - a/V + U_0 \text{ donc } c_v = \left( \frac{\partial U}{\partial T} \right)_V = c_{VGP}$ les capacités calorifiques molaires à volume constant sont identiques. Les interactions attractives ont une contribution nulle à l'énergie interne quand le volume est maintenu constant.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |
| 18 . | $dF = -PdV - S dT$ $P = - \left( \frac{\partial F}{\partial V} \right)_T \rightarrow F = \int PdV + \phi(T) \quad F_{GP} = -RT \ln V + \phi(T)$ $F_{GR} = -RT \ln (V-b) - a/V + \phi(T) \quad \text{d'où } F_{GR} - F_{GP} = -a/V - RT \ln [(V-b)/V]$ <p>On peut raisonner autrement</p> $DS = dU/T + (P/T) dV$ <p>Or <math>dU = c_v dT + a/V^2 dV \quad dS = c_v dT/T + R dV/(V-b)</math></p> $S = c_v \ln(T/T_0) + \ln(V-b)/(V_0-b) + S_0 \quad U = c_v(T-T_0) - a/V + a/V_0 + U_0$ $F = U - TS = c_v(T-T_0) - a/V + a/V_0 + U_0 - T[c_v \ln(T/T_0) + R \ln(V-b)/(V_0-b) + S_0]$<br>$F_{GP} = c_v(T-T_0) + U_0 - T[c_v \ln(T/T_0) + R \ln(V)/(V_0) + S_0]$ $F - F_{GP} = -a/V - RT \ln [(V-b)/V]$ $\left( \frac{\partial F}{\partial T} \right)_V = -S$ $S - S_0 = S = c_v \ln(T/T_0) + \ln(V-b)/(V_0-b)$ <p>dans une détente isentropique <math>T.(V-b)^{\frac{R}{C_v}} = \text{cte}</math> analogue à <math>T.V^{(\gamma-1)} = \text{cte}</math> pour un GP parfait</p>                              |  |
| 19   | <p>Les potentiels chimiques <math>\mu_A = \mu_B</math> sont égaux lors d'un changement de phase</p> <p>Or <math>d\mu = -s dT + v dP</math></p> <p>A <math>T</math> fixée <math>d\mu = v dP = d(Pv) - p dv</math></p> $\int_A^B p dv$ <p>Pour aller de A à B directement <math>\mu_B - \mu_A = 0 = P_B(V_B - V_A) - \int_A^B p dv</math></p> <p>Cette intégrale est l'aire sous la courbe alors que <math>P_B(V_B - V_A)</math> correspond à l'aire sous la droite AB donc les deux aires hachurées sont égales</p> <p>On peut remarquer que l'on peut décrire un cycle monotherme en allant de A à B le long de l'isotherme curviligne AEDCB et en revenant en A par le palier. Si ce palier est décrit de façon réversible le travail <math>W</math> associé à ce cycle est nul (théorème de Carnot <math>Q=0</math> et <math>W=0</math> pour un cycle monotherme réversible) or ce travail est représenté par l'aire des deux boucles hachurées donc ces deux aires sont égales en valeur absolue.</p> |  |
| 20   | Des états métastables entre A et E ( surfusion) et entre C et B<br>Etats instables entre E et C car cette branche est fictive et il n'est pas possible de la décrire de façon réversible                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |  |

|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| 21 | <p>La spinodale est l'ensemble des points des isothermes où la pression est stationnaire par rapport au volume. Elle correspond à <math>(\partial P / \partial V)_T = 0</math></p> <p>Son équation est <math>P = \frac{a}{V^2} - \frac{2ab}{V^3}</math> Elle est tracée en page 2 de l'énoncé !</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |  |
| 22 | <p>On envisage ici les états métastables représentés par les points compris entre B et la courbe spinodale qui représentent la vapeur sursaturée. La métastabilité de la vapeur est à droite de la spinodale et à gauche de la courbe de rosée . Le point M cherché doit aussi vérifier <math>\frac{\partial^2 P}{\partial V^2} &lt; 0</math>.</p> <p>Une analyse mathématique (que l'on ne saurait exiger) conduit à <math>V &lt; b</math> ou <math>V &gt; 3b</math>. On reporte donc l'expression de p de la question précédente dans l'équation de Van der Waals. On en déduit les trois volumes solution. On retient celui des trois qui conduit à une valeur positive de la pression et l'on obtient environ 55 atm.</p> <p>Évidemment, il doit être difficile d'atteindre de telles pressions sans observer la disparition de l'état métastable, mais on peut remarquer que cette valeur reste bien inférieure à la pression critique de l'eau qui vaut 218 atm.</p> <p><math>(V-b)^2 = RTV^3/2a</math> d'où <math>V \rightarrow p</math></p> |  |
| 23 | <p>aura reconnu le viriel, pour une molécule, Le premier terme correspond au gaz parfait ; les autres termes correspondent aux interactions à n particules, n étant la puissance de V dans le développement en série de Laurent. Ce développement est d'autant plus valide que le volume est grand.</p> $PV = RT \left[ 1 + \frac{b}{V} \left( 1 - \frac{a}{bRT} \right) + \frac{b^2}{V^2} \right] = RT \left[ 1 + \frac{b}{V} + \frac{b^2}{V^2} \right] - \frac{a}{V}$ <p>Cela provient de <math>PV = RT \left[ 1 - \frac{b}{V} \right]^{-1} - \frac{a}{V}</math></p> <p>Lorsque <math>V \gg b</math> alors <math>PV = RT \left[ 1 + \frac{b}{V} + \frac{b^2}{V^2} \right] - \frac{a}{V}</math></p> <p>L'équation proposée est donc valable pour <math>V \gg b</math> et loin des conditions de liquéfaction. Sur la courbe, on voit que pour <math>V &gt; 3b</math> ( donc <math>V_C</math> doit être grand ) l'équation du viriel est parallèle à celle du gaz de Van der Waals pour <math>T = 1,1T_C</math></p>                                 |  |

|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |           |            |            |           |            |          |          |          |          |           |            |          |           |            |          |         |           |          |           |            |          |         |           |          |           |            |        |         |           |           |            |           |           |         |          |           |             |          |          |         |          |          |             |           |        |         |          |          |            |           |          |         |          |          |            |           |           |         |          |          |           |           |          |          |          |          |           |           |          |          |          |          |           |          |         |          |          |          |          |         |         |           |          |          |            |          |         |           |  |           |           |         |         |            |  |  |             |                  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|------------|------------|-----------|------------|----------|----------|----------|----------|-----------|------------|----------|-----------|------------|----------|---------|-----------|----------|-----------|------------|----------|---------|-----------|----------|-----------|------------|--------|---------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|---------|----------|-----------|-------------|----------|----------|---------|----------|----------|-------------|-----------|--------|---------|----------|----------|------------|-----------|----------|---------|----------|----------|------------|-----------|-----------|---------|----------|----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|---------|----------|----------|----------|----------|---------|---------|-----------|----------|----------|------------|----------|---------|-----------|--|-----------|-----------|---------|---------|------------|--|--|-------------|------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|
| 24          | <p>Par identification <math>\alpha \lambda = 4 \pi K</math></p> <p>On vérifie que <math>\alpha \lambda /K= 12,566 \qquad 12,5628 \ ; \ 12,5636 \ ; \ 12,559</math></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |           |            |            |           |            |          |          |          |          |           |            |          |           |            |          |         |           |          |           |            |          |         |           |          |           |            |        |         |           |           |            |           |           |         |          |           |             |          |          |         |          |          |             |           |        |         |          |          |            |           |          |         |          |          |            |           |           |         |          |          |           |           |          |          |          |          |           |           |          |          |          |          |           |          |         |          |          |          |          |         |         |           |          |          |            |          |         |           |  |           |           |         |         |            |  |  |             |                  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
| 25          | La fraction $q( \lambda , \infty ) = [ I(0)-I( \infty )]/ I(0) = 1- \exp(- \alpha \infty )$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |           |            |            |           |            |          |          |          |          |           |            |          |           |            |          |         |           |          |           |            |          |         |           |          |           |            |        |         |           |           |            |           |           |         |          |           |             |          |          |         |          |          |             |           |        |         |          |          |            |           |          |         |          |          |            |           |           |         |          |          |           |           |          |          |          |          |           |           |          |          |          |          |           |          |         |          |          |          |          |         |         |           |          |          |            |          |         |           |  |           |           |         |         |            |  |  |             |                  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
| 26          | <p>La représentation de F(X) montre que la totalité du spectre d'émission se situe dans l'intervalle <math>0,5 \leq X \leq 5</math> soit <math>0,5 \lambda_{\max} \leq \lambda \leq 5 \lambda_{\max}</math></p> <p>Pour le soleil <math>\lambda_{\max} \approx 0,5 \mu\text{m}</math> donc <math>0,25 \mu\text{m} &lt; \lambda &lt; 2,5\mu\text{m}</math></p> <p>Pour le milieu ambiant <math>\lambda_{\max} = 10 \mu\text{m}</math> donc <math>5 \mu\text{m} &lt; \lambda &lt; 50 \mu\text{m}</math></p> <p>La nappe d'eau est transparente pour <math>0,3 \mu\text{m} &lt; \lambda &lt; 0,7 \mu\text{m}</math> et <math>\lambda &gt; 1 \mu\text{m}</math></p> <p>Le rayonnement ambiant n'est donc pas atténué <math>Q_A( \infty ) = 0</math> ( si on admet que les IR proches ne sont pas absorbés par l'eau )</p> <p>Le rayonnement solaire :</p> <p>Si on utilise le tableau fourni</p> <p><math>Q = 1 \times [ F ( 0,15/0,5) - F(0) ] + 0,8 [ F [0,3/0,5) - F ( 0,15/0,5)] + 0,5 [ F( 1/0,5) - F([0,7/0,5)]</math></p> <p><math>Q = 1(F(0,3)-F(0) + 0,8(( F(0,6)- F(0,3) + 0,5( F(2) -F(1,4)) + 0 \times [ F( \infty ) - F(2)]</math></p> <p><math>Q= 0,2 F(0,3 ) +0,8 F( 0,6) + 0,5 F(2) - 0,5F(1,4] = 0,14</math></p> <p>Si l'eau arrête les infra rouge</p> <p><math>Q_s(10) = 0,42</math> et <math>Q_a( 10) = 1</math></p> <p>W. M. Irvine and J. B. Pollack, "Infrared optical properties of water and ice spheres," Icarus, 8, 324--360, (1968).</p> <table><tr><td>200 0.08</td><td>950 0.365</td><td>1500 17.3</td><td>2200 16</td><td>2950 11700</td><td>5000 308</td></tr><tr><td>250 0.03</td><td>970 0.46</td><td>1550 9.6</td><td>2210 15.5</td><td>3000 10860</td><td>5260 229</td></tr><tr><td>300 0.015</td><td>1000 0.355</td><td>1600 6.2</td><td>2250 17</td><td>3100 7430</td><td>5500 276</td></tr><tr><td>350 0.003</td><td>1050 0.131</td><td>1650 5.1</td><td>2300 23</td><td>3200 3700</td><td>5800 699</td></tr><tr><td>400 0.001</td><td>1060 0.128</td><td>1660 5</td><td>2350 30</td><td>3300 1650</td><td>6000 2138</td></tr><tr><td>450 0.0002</td><td>1100 0.19</td><td>1700 5.15</td><td>2400 42</td><td>3400 698</td><td>6050 2328</td></tr><tr><td>500 0.00025</td><td>1150 0.8</td><td>1750 6.4</td><td>2450 61</td><td>3500 334</td><td>6400 852</td></tr><tr><td>550 0.00035</td><td>1190 1.05</td><td>1800 8</td><td>2500 83</td><td>3600 198</td><td>6500 794</td></tr><tr><td>600 0.0015</td><td>1200 1.02</td><td>1850 9.5</td><td>2550 97</td><td>3750 119</td><td>7000 618</td></tr><tr><td>650 0.0025</td><td>1250 0.89</td><td>1900 80.5</td><td>2600 99</td><td>3830 111</td><td>7500 579</td></tr><tr><td>700 0.006</td><td>1258 0.88</td><td>1940 114</td><td>2625 109</td><td>4000 151</td><td>8000 566</td></tr><tr><td>750 0.025</td><td>1300 1.08</td><td>1950 110</td><td>2650 131</td><td>4500 411</td><td>8500 557</td></tr><tr><td>760 0.026</td><td>1350 2.7</td><td>2000 68</td><td>2700 235</td><td>4660 468</td><td>9000 566</td></tr><tr><td>800 0.02</td><td>1400 13</td><td>2050 41</td><td>2750 1100</td><td>4800 431</td><td>9500 579</td></tr><tr><td>1850 0.041</td><td>806 0.02</td><td>2100 26</td><td>2800 4212</td><td></td><td>10000 668</td></tr><tr><td>900 0.067</td><td>1450 26</td><td>2150 19</td><td>2900 10580</td><td></td><td></td></tr><tr><td>lambda (nm)</td><td>absorption(1/cm)</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table> | 200 0.08  | 950 0.365  | 1500 17.3  | 2200 16   | 2950 11700 | 5000 308 | 250 0.03 | 970 0.46 | 1550 9.6 | 2210 15.5 | 3000 10860 | 5260 229 | 300 0.015 | 1000 0.355 | 1600 6.2 | 2250 17 | 3100 7430 | 5500 276 | 350 0.003 | 1050 0.131 | 1650 5.1 | 2300 23 | 3200 3700 | 5800 699 | 400 0.001 | 1060 0.128 | 1660 5 | 2350 30 | 3300 1650 | 6000 2138 | 450 0.0002 | 1100 0.19 | 1700 5.15 | 2400 42 | 3400 698 | 6050 2328 | 500 0.00025 | 1150 0.8 | 1750 6.4 | 2450 61 | 3500 334 | 6400 852 | 550 0.00035 | 1190 1.05 | 1800 8 | 2500 83 | 3600 198 | 6500 794 | 600 0.0015 | 1200 1.02 | 1850 9.5 | 2550 97 | 3750 119 | 7000 618 | 650 0.0025 | 1250 0.89 | 1900 80.5 | 2600 99 | 3830 111 | 7500 579 | 700 0.006 | 1258 0.88 | 1940 114 | 2625 109 | 4000 151 | 8000 566 | 750 0.025 | 1300 1.08 | 1950 110 | 2650 131 | 4500 411 | 8500 557 | 760 0.026 | 1350 2.7 | 2000 68 | 2700 235 | 4660 468 | 9000 566 | 800 0.02 | 1400 13 | 2050 41 | 2750 1100 | 4800 431 | 9500 579 | 1850 0.041 | 806 0.02 | 2100 26 | 2800 4212 |  | 10000 668 | 900 0.067 | 1450 26 | 2150 19 | 2900 10580 |  |  | lambda (nm) | absorption(1/cm) |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | U |
| 200 0.08    | 950 0.365                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 1500 17.3 | 2200 16    | 2950 11700 | 5000 308  |            |          |          |          |          |           |            |          |           |            |          |         |           |          |           |            |          |         |           |          |           |            |        |         |           |           |            |           |           |         |          |           |             |          |          |         |          |          |             |           |        |         |          |          |            |           |          |         |          |          |            |           |           |         |          |          |           |           |          |          |          |          |           |           |          |          |          |          |           |          |         |          |          |          |          |         |         |           |          |          |            |          |         |           |  |           |           |         |         |            |  |  |             |                  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
| 250 0.03    | 970 0.46                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 1550 9.6  | 2210 15.5  | 3000 10860 | 5260 229  |            |          |          |          |          |           |            |          |           |            |          |         |           |          |           |            |          |         |           |          |           |            |        |         |           |           |            |           |           |         |          |           |             |          |          |         |          |          |             |           |        |         |          |          |            |           |          |         |          |          |            |           |           |         |          |          |           |           |          |          |          |          |           |           |          |          |          |          |           |          |         |          |          |          |          |         |         |           |          |          |            |          |         |           |  |           |           |         |         |            |  |  |             |                  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
| 300 0.015   | 1000 0.355                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 1600 6.2  | 2250 17    | 3100 7430  | 5500 276  |            |          |          |          |          |           |            |          |           |            |          |         |           |          |           |            |          |         |           |          |           |            |        |         |           |           |            |           |           |         |          |           |             |          |          |         |          |          |             |           |        |         |          |          |            |           |          |         |          |          |            |           |           |         |          |          |           |           |          |          |          |          |           |           |          |          |          |          |           |          |         |          |          |          |          |         |         |           |          |          |            |          |         |           |  |           |           |         |         |            |  |  |             |                  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
| 350 0.003   | 1050 0.131                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 1650 5.1  | 2300 23    | 3200 3700  | 5800 699  |            |          |          |          |          |           |            |          |           |            |          |         |           |          |           |            |          |         |           |          |           |            |        |         |           |           |            |           |           |         |          |           |             |          |          |         |          |          |             |           |        |         |          |          |            |           |          |         |          |          |            |           |           |         |          |          |           |           |          |          |          |          |           |           |          |          |          |          |           |          |         |          |          |          |          |         |         |           |          |          |            |          |         |           |  |           |           |         |         |            |  |  |             |                  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
| 400 0.001   | 1060 0.128                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 1660 5    | 2350 30    | 3300 1650  | 6000 2138 |            |          |          |          |          |           |            |          |           |            |          |         |           |          |           |            |          |         |           |          |           |            |        |         |           |           |            |           |           |         |          |           |             |          |          |         |          |          |             |           |        |         |          |          |            |           |          |         |          |          |            |           |           |         |          |          |           |           |          |          |          |          |           |           |          |          |          |          |           |          |         |          |          |          |          |         |         |           |          |          |            |          |         |           |  |           |           |         |         |            |  |  |             |                  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
| 450 0.0002  | 1100 0.19                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 1700 5.15 | 2400 42    | 3400 698   | 6050 2328 |            |          |          |          |          |           |            |          |           |            |          |         |           |          |           |            |          |         |           |          |           |            |        |         |           |           |            |           |           |         |          |           |             |          |          |         |          |          |             |           |        |         |          |          |            |           |          |         |          |          |            |           |           |         |          |          |           |           |          |          |          |          |           |           |          |          |          |          |           |          |         |          |          |          |          |         |         |           |          |          |            |          |         |           |  |           |           |         |         |            |  |  |             |                  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
| 500 0.00025 | 1150 0.8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 1750 6.4  | 2450 61    | 3500 334   | 6400 852  |            |          |          |          |          |           |            |          |           |            |          |         |           |          |           |            |          |         |           |          |           |            |        |         |           |           |            |           |           |         |          |           |             |          |          |         |          |          |             |           |        |         |          |          |            |           |          |         |          |          |            |           |           |         |          |          |           |           |          |          |          |          |           |           |          |          |          |          |           |          |         |          |          |          |          |         |         |           |          |          |            |          |         |           |  |           |           |         |         |            |  |  |             |                  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
| 550 0.00035 | 1190 1.05                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 1800 8    | 2500 83    | 3600 198   | 6500 794  |            |          |          |          |          |           |            |          |           |            |          |         |           |          |           |            |          |         |           |          |           |            |        |         |           |           |            |           |           |         |          |           |             |          |          |         |          |          |             |           |        |         |          |          |            |           |          |         |          |          |            |           |           |         |          |          |           |           |          |          |          |          |           |           |          |          |          |          |           |          |         |          |          |          |          |         |         |           |          |          |            |          |         |           |  |           |           |         |         |            |  |  |             |                  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
| 600 0.0015  | 1200 1.02                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 1850 9.5  | 2550 97    | 3750 119   | 7000 618  |            |          |          |          |          |           |            |          |           |            |          |         |           |          |           |            |          |         |           |          |           |            |        |         |           |           |            |           |           |         |          |           |             |          |          |         |          |          |             |           |        |         |          |          |            |           |          |         |          |          |            |           |           |         |          |          |           |           |          |          |          |          |           |           |          |          |          |          |           |          |         |          |          |          |          |         |         |           |          |          |            |          |         |           |  |           |           |         |         |            |  |  |             |                  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
| 650 0.0025  | 1250 0.89                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 1900 80.5 | 2600 99    | 3830 111   | 7500 579  |            |          |          |          |          |           |            |          |           |            |          |         |           |          |           |            |          |         |           |          |           |            |        |         |           |           |            |           |           |         |          |           |             |          |          |         |          |          |             |           |        |         |          |          |            |           |          |         |          |          |            |           |           |         |          |          |           |           |          |          |          |          |           |           |          |          |          |          |           |          |         |          |          |          |          |         |         |           |          |          |            |          |         |           |  |           |           |         |         |            |  |  |             |                  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
| 700 0.006   | 1258 0.88                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 1940 114  | 2625 109   | 4000 151   | 8000 566  |            |          |          |          |          |           |            |          |           |            |          |         |           |          |           |            |          |         |           |          |           |            |        |         |           |           |            |           |           |         |          |           |             |          |          |         |          |          |             |           |        |         |          |          |            |           |          |         |          |          |            |           |           |         |          |          |           |           |          |          |          |          |           |           |          |          |          |          |           |          |         |          |          |          |          |         |         |           |          |          |            |          |         |           |  |           |           |         |         |            |  |  |             |                  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
| 750 0.025   | 1300 1.08                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 1950 110  | 2650 131   | 4500 411   | 8500 557  |            |          |          |          |          |           |            |          |           |            |          |         |           |          |           |            |          |         |           |          |           |            |        |         |           |           |            |           |           |         |          |           |             |          |          |         |          |          |             |           |        |         |          |          |            |           |          |         |          |          |            |           |           |         |          |          |           |           |          |          |          |          |           |           |          |          |          |          |           |          |         |          |          |          |          |         |         |           |          |          |            |          |         |           |  |           |           |         |         |            |  |  |             |                  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
| 760 0.026   | 1350 2.7                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 2000 68   | 2700 235   | 4660 468   | 9000 566  |            |          |          |          |          |           |            |          |           |            |          |         |           |          |           |            |          |         |           |          |           |            |        |         |           |           |            |           |           |         |          |           |             |          |          |         |          |          |             |           |        |         |          |          |            |           |          |         |          |          |            |           |           |         |          |          |           |           |          |          |          |          |           |           |          |          |          |          |           |          |         |          |          |          |          |         |         |           |          |          |            |          |         |           |  |           |           |         |         |            |  |  |             |                  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
| 800 0.02    | 1400 13                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 2050 41   | 2750 1100  | 4800 431   | 9500 579  |            |          |          |          |          |           |            |          |           |            |          |         |           |          |           |            |          |         |           |          |           |            |        |         |           |           |            |           |           |         |          |           |             |          |          |         |          |          |             |           |        |         |          |          |            |           |          |         |          |          |            |           |           |         |          |          |           |           |          |          |          |          |           |           |          |          |          |          |           |          |         |          |          |          |          |         |         |           |          |          |            |          |         |           |  |           |           |         |         |            |  |  |             |                  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
| 1850 0.041  | 806 0.02                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 2100 26   | 2800 4212  |            | 10000 668 |            |          |          |          |          |           |            |          |           |            |          |         |           |          |           |            |          |         |           |          |           |            |        |         |           |           |            |           |           |         |          |           |             |          |          |         |          |          |             |           |        |         |          |          |            |           |          |         |          |          |            |           |           |         |          |          |           |           |          |          |          |          |           |           |          |          |          |          |           |          |         |          |          |          |          |         |         |           |          |          |            |          |         |           |  |           |           |         |         |            |  |  |             |                  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
| 900 0.067   | 1450 26                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 2150 19   | 2900 10580 |            |           |            |          |          |          |          |           |            |          |           |            |          |         |           |          |           |            |          |         |           |          |           |            |        |         |           |           |            |           |           |         |          |           |             |          |          |         |          |          |             |           |        |         |          |          |            |           |          |         |          |          |            |           |           |         |          |          |           |           |          |          |          |          |           |           |          |          |          |          |           |          |         |          |          |          |          |         |         |           |          |          |            |          |         |           |  |           |           |         |         |            |  |  |             |                  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
| lambda (nm) | absorption(1/cm)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |           |            |            |           |            |          |          |          |          |           |            |          |           |            |          |         |           |          |           |            |          |         |           |          |           |            |        |         |           |           |            |           |           |         |          |           |             |          |          |         |          |          |             |           |        |         |          |          |            |           |          |         |          |          |            |           |           |         |          |          |           |           |          |          |          |          |           |           |          |          |          |          |           |          |         |          |          |          |          |         |         |           |          |          |            |          |         |           |  |           |           |         |         |            |  |  |             |                  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |           |            |            |           |            |          |          |          |          |           |            |          |           |            |          |         |           |          |           |            |          |         |           |          |           |            |        |         |           |           |            |           |           |         |          |           |             |          |          |         |          |          |             |           |        |         |          |          |            |           |          |         |          |          |            |           |           |         |          |          |           |           |          |          |          |          |           |           |          |          |          |          |           |          |         |          |          |          |          |         |         |           |          |          |            |          |         |           |  |           |           |         |         |            |  |  |             |                  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |

|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |  |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| 27 | $q(\lambda, 2) = 1 - \exp(-2\alpha) ; q(\lambda, \infty) = 1 - \exp(-\alpha)$ $q(\lambda, 2) = 1 - [1 - q(\lambda, \infty)]^2 = q(\lambda, \infty)   2 - q(\lambda, \infty)$ $Q(2) = 2Q[\infty] - \sum \Delta F(x) q^2(\lambda, \infty)$ $Q(20) = 2 \times 0,14 - 1 \times [F(0,3) - F(0)] - 0,8^2 (F(0,6) - F(0,3)) - 0,5^2 [F(2) - F(1,4)] = 0,24$ <p>Avec absorption des IR alors</p> <p>La solution donne <math>Q_s(10) = 1 \times (0,15) + 0,8 \times [0,3 - 0,15] + 0,5 \times [1 - 0,7] = 0,42</math></p> <p><math>Q(20) = 0,519</math></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |
| 28 | La lumière fait un aller-retour donc le pourcentage de lumière absorbée est $Q(20)$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |  |
| 29 | <p>Entre les instants <math>t</math> et <math>t+dt</math> on applique le premier principe</p> <p>L'eau passe de <math>T</math> à <math>T+dT</math> : <math>dU = \rho \ell S C dT</math></p> <p>Il reçoit l'énergie : <math>Q_s(20) E_s S dt</math> si on ne tient pas compte de <math>E_a</math></p> <p>Il cède l'énergie <math>\sigma T^4 S dt</math> par rayonnement et <math>hS(T-T_a) dt</math> par échange conducto-convectif</p> $\rho \ell S C dT = Q_s(20) E_s S dt - \sigma T^4 S dt - hS(T-T_a) dt$ $V_r(t) = \frac{dT}{dt} = \frac{Q(20)E_s - \sigma T^4 - h(T-T_a)}{\rho \ell C} +$ $A t = 0 \quad T = T_i = T_a \quad V_r(0) = \frac{dT}{dt}(0) = \frac{Q(20)E_s - \sigma T_a^4}{\rho \ell C}$ $A t = t_1 \quad T = T_f : V_r(t_1) = \frac{dT}{dt} = \frac{Q(20)E_s - \sigma T_f^4 - h(T_f - T_a)}{\rho \ell C}$ <p>A.N Avec <math>Q(20) = 0,519 \quad V(0) = 0,50 \text{ K.h}^{-1} \quad V(t_1) = -4,53.10^{-2} \text{ K.h}^{-1}</math></p> <p><b>Il semblerait que 25°C ne peut être atteint</b></p> <p>En effet si on calcul pour quelle valeur <math>dT/dt = 0</math> en régime stationnaire</p> <p>Alors on obtient <math>T_f \quad Q(20) \times E_s - \sigma T_a^4 = (h + 4 \sigma T_a^3) \epsilon</math></p> <p><math>\epsilon = T_f - T_a = 7^\circ</math> donc inférieur à <math>8^\circ</math></p> <p>Avec <math>Q(20) = 0,28 \quad V(0) = -0,7 \text{ K.h}^{-1} \quad V(t_1) = -1,2 \text{ K.h}^{-1}</math></p> <p><b>C'est encore plus faux</b></p> <p>Je pense que dans l'énoncé il y a une erreur : l'eau arrête en partie les infra rouge et donc que</p> <p><math>Q_a(10) = 1</math> ; les infra rouge sont absorbés :</p> <p>Alors <math>Q_s(10) = 0,42</math> ; <math>Q_s(20) = 0,440</math></p> |  |

|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|    | <p>On trouve alors <math>\epsilon = 25^\circ</math></p> $\frac{dT}{dt} = \frac{Q(20)E_s + E_a - \sigma T^4 - h(T - T_a)}{\rho \ell C}$ <p><math>t = 0 \quad V(0) = 1,23 \text{ K.h}^{-1} \quad ; \quad V(t_1) = 0,69 \text{ K.h}^{-1}</math><br/>Cela semble plus cohérent</p>                                                                                                                                                                                                                                                    |  |
| 30 | $\frac{dT}{dt} = \frac{Q(20)E_s + E_a - \sigma T^4}{\rho \ell C}$ <p><math>T_r</math> est la température limite atteinte lorsque <math>\frac{dT}{dt} = 0 \quad T_r^4 = [Q(20)E_s + E_a] / \sigma</math></p> <p>Avec <math>Q(20) = 0,44 \quad T_r = 332 \text{ K}</math></p> <p><math>\tau = \rho \ell C / [\sigma \cdot T_r^3] \quad \Delta N = T_r = 331 \text{ K} \quad \tau = 112 \text{ h}</math></p> <p>Avec <math>Q_s(20) = 0,5</math> et <math>E_a = 0 \quad T_r = 309^\circ \text{K} \quad \tau = 69 \text{ h}</math></p> |  |
| 31 | <p>Nouvelle variable <math>t/\tau \quad u = T/T_r</math></p> $t_1/\tau = \frac{1}{2} [\arctan(T_1/T_r) - \arctan(T_a/T_r)] + \frac{1}{4} \ln \left( \frac{(T_r + T)(T_r - T_a)}{(T_r - T)(T_r + T_a)} \right)$ <p><math>T_r = 332 \quad T_1 = 298 \quad T_a = 290</math></p>                                                                                                                                                                                                                                                      |  |
| 32 | <p>Si <math>T_r</math> est proche de <math>T_a \quad T_r^4 - T^4 = 4 \cdot T_r^3 (T_r - T)</math></p> $\frac{dT}{dt} = \frac{Q(20)E_s + E_a - \sigma T_a^4 - (\sigma T_a^3 + h)(T - T_a)}{\rho \ell C}$ <p><math>T_r - T_A = [Q(20)E_s + E_a - \sigma T_a^4] / (\sigma T_a^3 + h) = 25 \text{ K} \quad T_r = 315 \text{ K}</math></p> $\rho \ell C \frac{dT}{dt} = (\sigma T_a^3 + h)(T_r - T) \quad T_0 = T_r \quad \tau_0 = \rho \ell C / [\sigma T_a^3 + h]$ <p><math>\tau_0 = 20,4 \text{ h}</math></p>                       |  |

|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |  |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |  |
| 33 | $t_1 = t_1 = 6,3 \text{ h}$ $t_1 = 2,0 \text{ h}$<br>convection forte<br>$T_r = 296 \text{ K}$ on arrive pas à 298 K<br><br>Avec $Q_s(20) = 0,5$ et $E_a = 0$ $\tau_0 = 11,6 \text{ h}$ $T_0 = 342 \text{ K}$ $t_1 = 0,17$ $\tau_0 = 1,94 \text{ h}$<br>$H = 50$ $\tau = 2,33 \text{ h}$ $T_0 = 300,4 \text{ K}$ $t_1 = 3,42 \text{ h}$ |  |
| 34 | La surface du fond absorbe tout le rayonnement solaire donc la vitesse de réchauffement est augmentée                                                                                                                                                                                                                                   |  |
| 35 | $\frac{dT}{dt} = \frac{E_s + E_a - \sigma T^4 - h(T - T_a)}{\rho \ell C}$ $V_R(0) = 3,65 \text{ K.h}^{-1}$                                                                                                                                                                                                                              |  |
| 36 | $T_r^4 = (E_s + E_a) / \sigma$ $T_r = 385 \text{ K}$ donc l'eau se met à bouillir et il faut tenir compte de l'évaporation                                                                                                                                                                                                              |  |