

Les "tâches complexes" dans les sujets de Physique-Chimie en TS

Remarque préalable : le document ci-dessous ne traite que des tâches complexes dont une grande partie de la résolution réside dans l'obtention de la valeur numérique d'une grandeur physique.

I Présentation

C'est une tâche qui comporte plusieurs étapes faisant appel à des compétences générales variées : Connaissances propres, Extraction d'informations utiles sur des supports variés, Exploitation de ses connaissances et des informations extraites, Organisation de ses connaissances, Savoir-Faire divers. Encore faut-il comprendre la question posée ! (ce que l'on l'Appropriation).

Une tâche complexe ou mini problème, peut correspondre à une situation classique déjà rencontrée (notée par la suite TC1). Le travail d'appropriation n'est alors plus du tout le même puisque dans le cas d'une TC1, il suffit de "reconnaître" la tâche complexe et de faire appel à sa mémoire et donc à un éventuel bachotage pour au moins en démarrer la résolution. Dans les autres cas, notées TC2, il faudra élaborer l'ensemble du raisonnement (voir paragraphe II), mais il n'est pas rare qu'une TC2 contienne en partie une TC1. De même, une TC1, même vue en classe peut être assez complexe et alors analysée comme étant formée par l'association d'une ou deux étapes de raisonnement simples à une TC1 basique, elle en constitue une "variante".

II Méthode générale de résolution d'une tâche complexe aboutissant à une valeur numérique

La méthode exposée ci-dessous peut être appliquée à toute tâche complexe. Elle pourra paraître bien longue à mettre en œuvre, mais elle se veut complète. La plupart du temps, quelques étapes suffisent.

Qui dit "valeur numérique" dit "relations entre grandeurs physiques", éventuellement Lois fondamentales. les relations peuvent être données par des "formules", mais aussi par des représentation graphiques ou des phrases écrites dans un document.

Pour résoudre une tâche complexe :

- se munir d'un brouillon pour noter tous les éléments qui peuvent vous être utiles
- si cela n'est pas explicitement formulé dans la question, identifier la grandeur physique dont il faudra calculer la valeur
- extraire du texte et des documents (texte, tableaux de valeurs (*), courbes (*)) les informations utiles (cela peut se faire avec un ou plusieurs surligneurs)
- identifier les lois ou les relations utiles au raisonnement
- faire un schéma, en particulier en mécanique
- décomposer la tâche complexe en tâches simples
- relier ces tâches simples les unes aux autres pour obtenir une sorte de carte mentale de la résolution complète de la question
- rédiger la réponse en commençant par une introduction, puis réaliser toutes les étapes, si possible de façon littérale, en présentant chaque symbole utilisé
- parfois, il vous faudra estimer l'ordre de grandeur ou la valeur approchée d'une donnée pour mener à bien l'ensemble des calculs
- exprimer le résultat numérique final en faisant attention au nombre de chiffres significatifs et aux unités.
- commenter votre résultat

(*) voir les annexes

III Quelques tâches complexes en Chimie

Dans les exemples qui suivent, la TC1 basique est décrite en premier, puis sont proposées quelques variantes, qui, selon qu'elles ont été déjà rencontrées ou non, constituent des TC1 complexes ou des TC2.

1. TC1 basique : "**Quelle masse (ou quel volume) d'une espèce chimique produite par une réaction peut-on espérer obtenir si la réaction chimique est totale ?**", les données fournissant les quantités de réactifs en jeu (sous forme de masses, volumes de liquide, ou volume de solutions de concentrations connues).

Il faut disposer de ou écrire l'équation de la réaction chimique, puis :

- dresser littéralement le tableau d'évolution (ou d'avancement) de la réaction ;
- déterminer les quantités de matières initiales de réactifs, en fonction des masses, des volumes ou/et des concentrations données ;
- déterminer l'avancement maximal et le réactif limitant ;
- déterminer les quantités de matière dans l'état maximal ;
- passer aux masses, aux volumes ou aux concentrations demandées dans l'état maximal.

Variantes :

1'. "**Déterminer si la transformation(ou réaction) chimique est totale ou limitée**"

Pour cela, il faut comparer quantitativement l'état final réel connu grâce à une donnée fournie (masse de produit formée, pH de la solution obtenue, etc...) et l'état final maximal.

- déterminer comme précédemment la quantité maximale de produit formée ou x_m (TC1 basique)
- à partir de l'indication quantitative fournie sur l'état final réel, déterminer la quantité de produit formée dans l'état final réel ou x_f .
- comparer les deux (ou x_f à x_m) : si $x_f = x_m$, alors la transformation est totale, si $x_f < x_m$, alors elle est limitée.

1". "**Déterminer un rendement en chimie, connaissant la quantité réelle de produit obtenu**"

- déterminer comme en 1. la quantité maximale de produit formée (TC1 basique).
- faire le rapport quantité réellement obtenue/quantité maximale (ce rapport pouvant se faire sur des quantités de matière, des masses, ou plus rarement des volumes de liquides).

2. TC1 basique : "**Comment réaliser une solution de concentration donnée en soluté X ?**" (cela peut également constituer un protocole classique à établir en TP et donc en ECE)

La réponse dépend des données :

2.1. si on dispose de l'espèce chimique sous forme pure, il faudra décrire une **dissolution** :

- déterminer la quantité de matière de soluté
- en déduire la masse ou le volume de liquide
- décrire le protocole de dissolution

2.2. si on dispose d'une solution plus concentrée de l'espèce chimique, il faudra décrire une **dilution** :

- calculer le volume de solution-mère à prélever ou simplement le rapport des volumes en jeu
- décrire le protocole de dilution

3. TC1 basique : "**Déterminer une concentration molaire (ou massique) en soluté X par dosage**"

La réponse dépend des données :

3.1. Si dans les données figure un tableau ou une courbe qui indique les valeurs d'une grandeur physique X caractéristique d'une solution pour différentes concentrations, il s'agit d'un **dosage par étalonnage**.

- s'il n'y a qu'un tableau, tracer la courbe traduisant les variations de X en fonction de C
- l'exploiter graphiquement (méthodes vues en cours ou/et TP).

3.2. Si dans les données figure "l'équation de la réaction de dosage", alors il s'agit d'un **titrage**.

- s'il n'y a qu'un tableau de valeurs, tracer une courbe
- déterminer par une des méthodes vues en cours et TP, le volume de solution titrante versé à l'équivalence
- l'exploiter quantitativement

- si les données sont fournies avec des incertitudes absolues ou relatives, associer au résultat son incertitude absolue en utilisant la relation fournie dans les données et le résultat avec son intervalle de confiance

Rmq : s'il est question de concentration massique, cela peut rajouter une étape simple.

Variantes :

Les variantes constituent des TC1 ou des TC2 selon qu'elles ont été vues ou non auparavant.

3'. "Déterminer par dosage la masse de l'espèce chimique X dans un échantillon"

Il faut alors établir également le lien entre la masse recherchée et la concentration de la solution que l'on titre.

- déterminer la concentration molaire en soluté X de la solution titrée (TC1 de base)
 - élaborer les étapes du raisonnement permettant de passer de cette concentration à la masse recherchée
- En général, il a été procédé avant le titrage, soit à une dissolution, soit à une dilution, soit aux deux...

La TC est alors une association de plusieurs TC1.

Conseil : préciser toujours à quel volume de solution correspond chaque quantité de matière utilisée dans le raisonnement et si plusieurs quantités de matière interviennent, leur associer des symboles propres.

3" : " Vérifier par dosage l'indication portée sur l'étiquette d'un produit commercial "

- identifier l'indication, cela donne "la valeur attendue"
- faire les étapes du raisonnement de 3' conduisant à la "valeur expérimentale"
- si le résultat expérimental est exprimé avec son intervalle de confiance, vérifier que la valeur attendue se trouve dans cet intervalle.
- dans le cas contraire, comparer les deux valeurs en calculant un écart relatif.

III Quelques tâches complexes en Mécanique

Ne pas oublier que certaines démonstrations faites **en cours** peuvent vous être demandées :

- établir les équations horaires et l'équation de la trajectoire, soit d'un objet dans le champ de pesanteur, soit d'une particule chargée dans un champ électrique uniforme (pour des variantes proches, voir la méthode générale ci-dessous en 4").
- établir que le mouvement d'un satellite en orbite circulaire est uniforme, en déduire l'expression de sa vitesse et de sa période
- utiliser les Lois de Képler, qui doivent être connues, pour montrer que la vitesse d'un satellite en orbite circulaire est constante, puis son expression.

4 : TC1 basique : "**Etablir les caractéristiques d'un vecteur accélération d'un mouvement connaissant les forces en présence**"

- déterminer le système à étudier et choisir le référentiel galiléen approprié
- faire un bilan complet des forces exercées sur le système, en donner les caractéristiques connues et faire un schéma suffisamment grand en respectant bien les directions et les sens
- appliquer la 2ème Loi de Newton pour en déduire l'expression littérale du vecteur accélération.
Parfois, comme dans le cas des satellites en mouvement circulaire, cela suffit.
- si cela n'est pas indiqué dans l'exercice, choisir un ou deux axes appropriés à l'étude du mouvement.
- si nécessaire, projeter la 2ème Loi de Newton sur un axe (cas de forces colinéaires) ou deux axes (cas de forces non colinéaires *) et en déduire l'expression (en fonction des valeurs des forces des coordonnées) du vecteur accélération sur ces axes (dans le cas où le mouvement est rectiligne selon un axe, alors la coordonnée du vecteur accélération sur l'axe perpendiculaire est nulle).
- le signe de la coordonnée non nulle vous donne le sens du vecteur accélération et sa valeur absolue, la valeur de l'accélération.
- tout ce qui précède ayant été exprimé littéralement, reste à faire l'application numérique

Variantes :

4'. " Déterminer les équations horaires d'un mouvement"

Il s'agit de déterminer les expressions en fonction du temps des coordonnées du point étudié (ou du vecteur position, ce qui revient au même).

- faire 4. jusqu'à l'expression des coordonnées du vecteur accélération.
- à l'aide de ces coordonnées, établir, par recherche de primitives, les expressions des coordonnées du vecteur vitesse en fonction du temps
- à partir des coordonnées du vecteur vitesse, établir, par recherche de primitives, les expressions des coordonnées du vecteur position en fonction du temps.

4". "Etablir l'équation de la trajectoire"

- faire 4'
 - p à partir des lois horaires du mouvement, éliminer le temps par substitution pour obtenir la variation d'une coordonnée en fonction de l'autre.
-

5 : TC1 basique : "**Etablir les caractéristiques d'un vecteur accélération à partir d'indications sur le mouvement**"

Pour décrire le mouvement, on peut disposer du nom du mouvement, de lois temporelles ou de leur représentation graphique.

5.1. Cas où le nom du mouvement est donné

Il faut connaître son cours de façon à associer à ce mouvement le vecteur accélération qui lui correspond.

5.2. Cas où les lois horaires sont données.

Il suffit par dérivation successives de déterminer les coordonnées du vecteur vitesse, puis du vecteur accélération.

Dans le cas simple où une coordonnée du vecteur accélération est nulle, l'autre coordonnée donne directement sa direction, puis par son signe, le sens du vecteur vitesse, puis par l'expression de sa valeur absolue, la valeur associée, d'abord en littéral, et ensuite par calcul, en numérique.

5.3. Cas où des représentations graphiques de lois temporelles sont données.

- si ce sont des droites, les modéliser (voir fiche sur les méthodes de modélisations) ; on obtient alors des lois donnant selon les cas les variations en fonction du temps des coordonnées du vecteur position ou du vecteur vitesse
- si ce ne sont pas des droites, on peut simplement en obtenir le sens de variation, et à des instants particuliers, la valeur de la coordonnée dérivée, par estimation du coefficient directeur de la tangente à cet instant.

Cas fréquent : la représentation graphique des variations en fonction du temps de la vitesse est donnée.

- si c'est une droite, alors l'accélération correspond au coefficient directeur de la droite ;
- si ce n'est pas une droite, alors la valeur de l'accélération à un instant correspond au coefficient directeur de la tangente à cet instant.

Variantes

5'. "Déterminer les caractéristiques d'une force connaissant le mouvement"

- déterminer le système à étudier et choisir le référentiel galiléen approprié
- faire un bilan complet des forces exercées sur le système, en donner les caractéristiques connues et faire un schéma suffisamment grand en respectant bien les directions et les sens, s'ils sont donnés.

- dans le cas particulier d'un équilibre ou d'un mouvement rectiligne uniforme, le vecteur accélération est nul, appliquer alors la première Loi de Newton de façon à obtenir la relation vectorielle entre les forces.
- dans le cas contraire, commencer par déterminer les caractéristiques du vecteur accélération (TC1 basique) puis appliquer la deuxième Loi de Newton de façon à obtenir la relation vectorielle entre les forces et le vecteur accélération (pour une masse constante).
- en déduire l'expression vectorielle de la force recherchée. En général, la force est colinéaire à un axe et on connaît donc déjà au moins sa direction.
- choisir un ou deux axes appropriés à l'étude et projeter la relation vectorielle pour obtenir l'expression littérale de la coordonnée intéressante de la force (son signe donne le sens si on ne le connaît pas, sa valeur absolue donne la valeur (ou intensité) de la force)
- faire éventuellement l'application numérique pour en obtenir la valeur numérique.

6. TC1 basique : **déterminer la vitesse d'un objet à un instant, connaissant la position à un autre instant ou au même instant** (ou déterminer la position d'un objet à un instant, connaissant la vitesse au même instant ou à un autre instant).

En général, ce type de question met en jeu la **conservation de l'énergie mécanique**, quand elle se conserve...

- faire un bilan des forces
- justifier la conservation de E_m par l'absence de frottements ou de forces non-conservatives.
- écrire $E_m = E_c + E_p = \frac{1}{2}mv^2 + E_p$
- si l'énergie potentielle de pesanteur est en jeu, vous devez en connaître l'expression, si une autre forme d'énergie potentielle est en jeu, utiliser l'expression donnée dans le texte.
- développer l'expression de E_m à chaque instant
- égaliser les deux expressions de E_m
- isoler l'inconnue, en donner l'expression littérale, faire l'application numérique.

Variantes

6'. Déterminer la vitesse initiale minimale que doit posséder un objet lancé d'un certain endroit pour arriver à un autre endroit.

- se rendre compte que la vitesse minimale initiale correspond au cas où la vitesse finale est nulle
- faire 6.

ANNEXES

I Comment exploiter un tableau de valeurs ?

1. Cas où le tableau comporte deux lignes, une ligne correspondant à une grandeur physique X et l'autre à une grandeur physique Y.

Questions à se poser :

- quelles sont les grandeurs physiques X et Y (donner leurs noms, si possible leurs définitions, et leurs unités dans le Système International) ?
- quels sont les paramètres qui restent constants alors que X et Y varient ?
- en considérant Y comme étant obtenue par une fonction de X, soit $Y = f(X)$, que peut-on dire du sens de variation de cette fonction ?
- le tracé de la représentation graphique est-il utile ? pour y répondre, se poser au moins les deux questions suivantes :
 - y a-t-il un changement du sens de variation et donc des extrema potentiels ?
 - les variations ont-elles l'air périodique ?
- si la réponse est oui à au moins une des deux questions précédentes, tracer avec soin et si possible avec une précision correspondant à la précision des valeurs du tableau (1 mm pour le dernier chiffre significatif) la courbe donnant les variations de Y en fonction de X. Lisser !

2. Cas d'un tableau à trois lignes, une ligne pour une variable XA, une ligne pour une variable XB et la troisième pour Y.

- extraire du tableau les colonnes correspondant à des valeurs identiques de XB qui devient alors un paramètre. Etudier ce sous-tableau revient à étudier les variations de Y en fonction de XA, à XB identique.
- extraire du tableau les colonnes correspondant à des valeurs identiques de XA qui devient alors un paramètre. Etudier ce sous-tableau revient à étudier les variations de Y en fonction de XB, à XA identique.

3. Dans le cas d'un tableau à 2 lignes, parfois, X n'est pas une grandeur physique mais une simple propriété non mesurable. L'étude reste alors qualitative.

II Quand et comment exploiter un graphe ?

1. Quand ?

- le graphe est donné ;
- on se trouve dans la situation précédemment décrite ;
- la question comporte l'adjectif "graphique" ou l'adverbe "graphiquement"

2. Comment ?

Selon la tâche à résoudre, on peut :

- décrire le sens de variation ;
- extraire des coordonnées de points (extrema, passages par zéro, point d'équivalence dans une courbe de titrage, etc...) ;
- extraire des taux de variations de X ou de Y (notées respectivement ΔX et ΔY) ;
- déterminer avec précision la période qui apparaît sur l'abscisse, en général la période temporelle quand le temps est en abscisse (rappel : pour plus de précision, relever la durée de n périodes puis diviser par n)
- ne pas oublier que les variations de la dérivée peuvent apporter des informations et qu'en chaque point la valeur de la dérivée est donnée par le coefficient directeur de la tangente à la courbe.
 - dans le cas où le temps est en abscisse, la dérivée de Y par rapport à t donne en fait la vitesse d'évolution temporelle de Y (exemples : v_x à partir de $x(t)$, a_x à partir de $v_x(t)$, vitesse d'une réaction chimique à partir de $x(t)$, etc...)

3. Cas d'un faisceau de courbes

Parfois c'est un ensemble de courbes qui est proposé, chacune d'entre elles correspondant à une valeur particulière d'un paramètre P : Y en fonction de X pour une valeur P_1 de P , Y en fonction de X pour une valeur P_2 de P , etc.... les courbes tracées sont en général assez semblables et juste décalées l'une par rapport à l'autre.

Exploitations possibles en fonction des exercices

3.1. Parfois, il suffit d'identifier la bonne courbe à exploiter. Il faut alors rechercher la valeur du paramètre à considérer dans un autre document.

3.2. Une question posée peut être "Quelle est l'influence du paramètre P sur Y ?"

Vous allez devoir raisonner en considérant X comme paramètre, donc pour une valeur particulière de X .

- choisir une valeur particulière de X , notée X_a , imaginer une droite parallèle à l'axe des ordonnées passant par X_a

- décrire le sens des variations des valeurs de Y le long de cette droite lorsque P augmente (à X constant).

3.3. Si l'abscisse est le temps, la question peut porter sur l'influence de P sur la vitesse atteinte à une date particulière t_a .

- imaginer une droite parallèle à l'axe des ordonnées passant par t_a (cela peut être zéro).

- tracer les tangentes aux différentes courbes à cette date.

- comparer les coefficients directeurs de ces tangentes.

- sachant que la valeur de la dérivée correspond au coefficient directeur des tangentes, conclure à propos de l'influence du paramètre sur la vitesse.

.....