

## Travaux Académiques Mutualisés de Physique-Chimie 2025-2026

**Intitulé du projet académique : Apprendre avec l'IA et développer un regard critique : confrontation entre IA, modèles scientifiques et expérimentation.**

**Titre explicite du scénario :** Modélisation de l'équilibre de solubilité en s'appuyant sur la dissolution du chlorure de sodium

**Problématique en lien avec le projet académique :**

Comment l'IA permet-elle aux élèves de modéliser les différents cas observés lors de la dissolution du sel (dissolution totale et non totale) à l'aide du quotient de réaction et de la constante de solubilité ?

- **Professeur(s) expérimentateur(s) :** Marine Le Grand- Lycée Jean Bodin- Les Ponts de Cé (49)
- **Niveau(x) concerné(s) :** Terminale STL SPCL
- **Thème du programme :** Chimie et développement durable- Composition des systèmes chimiques-Solubilité

▪ **Description succincte :** (*éléments de présentation du projet – teaser vidéo*)

Cette activité est une activité expérimentale qui s'adresse aux élèves de terminale STL SPCL sur une séance de 2h. Les élèves sont en salle de TP, disposent d'un ordinateur et sont en binômes.

Les élèves cherchent expérimentalement la limite de solubilité du sel puis à l'aide de l'IA (chat GPT en mode non connecté) cherchent à modéliser cette dissolution à l'aide des outils « quotient de réaction » et « constante de solubilité ». L'approche se fait dans un premier temps par observations expérimentales : la dissolution du sel n'est pas toujours totale.

A la suite de cela, ils établissent une carte mentale à l'aide d'étiquettes pour structurer les notions découvertes.

Enfin, un retour sur le contexte proposé au début de la séance (marais salants) permet d'appliquer les notions découvertes.

▪ **Objectif(s) pédagogique(s) :**

- Transposer la notion d'équilibre chimique déjà abordée dans un autre chapitre à la notion de solubilité et d'utiliser les outils déjà rencontrés : quotient de réaction et constante de solubilité.
- Progresser dans l'utilisation de l'IA :
  - rédaction d'un prompt (le professeur accompagne les élèves afin de leur redonner les éléments permettant de rédiger un prompt : une fiche méthode peut être distribuée ou il peut être décidé de rédiger collégalement le prompt)
  - tri des informations données par l'IA (le professeur aide les élèves en passant dans les rangs, il peut aussi être intéressant de donner des mots clés qui doivent être présents dans les réponses de l'IA, on peut encourager les élèves à demander des réponses synthétiques sous forme de tableau par exemple),
  - regard critique sur les éléments apportés par l'IA (la comparaison entre les observations et les données de l'IA permettent de valider la modélisation proposée par l'IA et de porter un regard critique sur les

réponses de l'IA parfois différentes selon les groupes et sur les conditions expérimentales.)

A la suite de ce travail, une séance « bilan » sur l'utilisation de l'IA peut être envisagée (rédiger un prompt, regard critique sur les réponses apportées par l'IA, intérêt de l'IA par rapport à un moteur de recherche, bilan énergétique). Ceci sera très utile aux élèves car ils seront nombreux à utiliser l'IA pour leur projet de fin d'année (projet expérimental support du Grand Oral).

▪ **Contenus du programme de PC :**

- Définir et exprimer le quotient de réaction.
  - Exprimer la constante d'équilibre d'une réaction de dissolution d'un solide ionique ou moléculaire.
  - Prévoir l'apparition d'un précipité ou sa dissolution totale par comparaison de  $Q_r$  et  $K_s$ .

▪ **Compétences mobilisées :**

S'approprier :

Rechercher et organiser l'information en lien avec la problématique étudiée.

Analyser/Raisonner

Formuler des hypothèses.

Faire des prévisions à l'aide d'un modèle.

Réaliser :

Mettre en œuvre un protocole expérimental en respectant les règles de sécurité.

Utiliser un modèle.

Valider :

Confronter un modèle à des résultats expérimentaux.

Communiquer

A l'écrit comme à l'oral réaliser une synthèse.

Utiliser un vocabulaire adapté et choisir des modes de représentation appropriés

- **Compétences numériques (CRCN – PIX) :**

**Domaine 1 :** Informations et données - Formuler une requête sur l'IA. Rechercher, lire et comprendre une information issue d'une IA.

**Domaine 4 :** Protection et sécurité / esprit critique - Évaluer la fiabilité d'une information numérique (IA)- Avoir conscience de l'impact écologique de l'utilisation de l'IA.

- **Outils numériques utilisés :**

ChatGPT en mode non connecté – un agent conversationnel peut aussi être envisagé.

Les élèves travaillent par 2. Les requêtes sont laissées libres après présentation de la méthode ACTIF par le professeur. Le professeur circule dans la classe pour aider à préciser le prompt ou à la sélection des informations apportées par l'IA.

Une séance suivante pourra être consacrée à un bilan technique sur l'IA. On pourra par exemple construire avec les élèves le meilleur prompt et regarder si avec ce même prompt plusieurs réponses sont apportées selon les groupes.

- **Contexte pédagogique :**

Cette séance nécessite de :

- maîtriser la notion de transformation totale et non totale.
- connaître les grandeurs associées aux équilibres chimiques : quotient de réaction et constante d'équilibre.
- Scénario pédagogique de la séquence/ description détaillée de la méthode proposée

L'activité est réalisée en salle de TP. Les élèves sont par binôme. L'activité a été testée avec un groupe de 10 élèves d'un bon niveau manipulateur mais globalement faible en terme d'analyse et de raisonnement.

Première partie (questions 1 à 3) : 40min

hypothèse et expérience

- Les élèves utilisent leurs connaissances pour émettre une hypothèse argumentée sur le caractère total ou non total de la dissolution du chlorure de sodium. Le professeur passe dans les rangs pour donner des coups de pouce (une carte mentale ou une vidéo peut être prévue pour redonner les caractéristiques de chacun des types de transformation).
- Les élèves réalisent l'expérience de dissolution pour vérifier leur hypothèse. Le professeur passe dans les rangs pour échanger sur les conditions expérimentales (température, précision de la pesée, agitation, temps d'attente entre chaque ajout).
- Les élèves complètent un tableau dans lequel ils doivent préciser si le mélange obtenu est homogène ou hétérogène et doivent valider leur hypothèse à partir de cette observation. Cette étape nécessite de la part des élèves de faire le lien entre le type de transformation et l'observation faite ce qui n'est pas toujours évident. Lors de l'appel obligatoire, le professeur prend le temps de s'assurer que la modélisation de la dissolution dans les deux cas est validée et comprise : si le sel n'est pas entièrement dissout, la transformation est non totale, on écrit l'équation avec la double flèche ; si le sel est entièrement dissout, la transformation est totale, l'équation peut s'écrire avec une flèche simple.

Deuxième partie (questions 4 et 6) : 30 min

sollicitation de l'IA pour modéliser

- Les élèves rédigent sur leur feuille de TP par binôme un prompt à l'aide de la fiche méthode « Rédiger une requête sur une IA » présentant la méthode ACTIF. Le prompt initial est noté sur la fiche du TP et sera recueilli par le professeur en vue d'une séance suivante. En cas de difficulté le professeur propose aux élèves de se rendre sur le site : <https://actif.numedu.org/>

qui est une aide à la rédaction d'un prompt.

- Les élèves testent leur prompt sur l'IA, et ajustent la demande si nécessaire avec l'aide du professeur qui circule dans les groupes.
- Les élèves prennent connaissances des informations apportées par l'IA. Le professeur passe dans les rangs pour apporter de l'aide dans le tri des informations et rappeler que les informations sélectionnées doivent porter sur

le quotient de réaction, la constante d'équilibre et le fait que la solution soit saturée ou non.

Troisième partie (questions 7 et 11) : 30 min

confrontation modèle/expérience

- Les élèves utilisent leurs connaissances pour calculer le  $Q_r$  du système après chaque ajout de chlorure de sodium. Le professeur passe dans les rangs pour apporter des coups de pouces (fiche de rappel sur les concentrations effectives, sur l'expression du  $Q_r$ ).
- Les élèves compare leurs résultats expérimentaux et la modélisation proposée par l'IA. La valeur du  $K_s$  est nécessaire pour valider le modèle, le professeur veillera donc à ce que chaque binôme l'ait extraite des réponses de l'IA ou donnera la valeur.
- La réponse à la question 11 pourra faire l'objet d'une mise en commun pour confronter les points de vue des élèves, les différentes valeurs obtenues par les groupes (l'IA a-t-elle apportée les mêmes infos), la valeur donnée dans des livres de référence ou des manuels et revenir sur l'importance des conditions expérimentales (notamment pour la valeur de  $K_s$ ).

Quatrième partie (question 12) : 10 min

structuration

- Les étiquettes à disposition (étiquettes fabriquées en découpant la carte mentale à disposition dans la fiche activité) pour la structuration des connaissances sont distribuées par le professeur. Les élèves les ordonnent.

Le professeur prévoit une photocopie de la carte mentale qui sera donnée après validation.

Cinquième partie (question 13) : à la maison

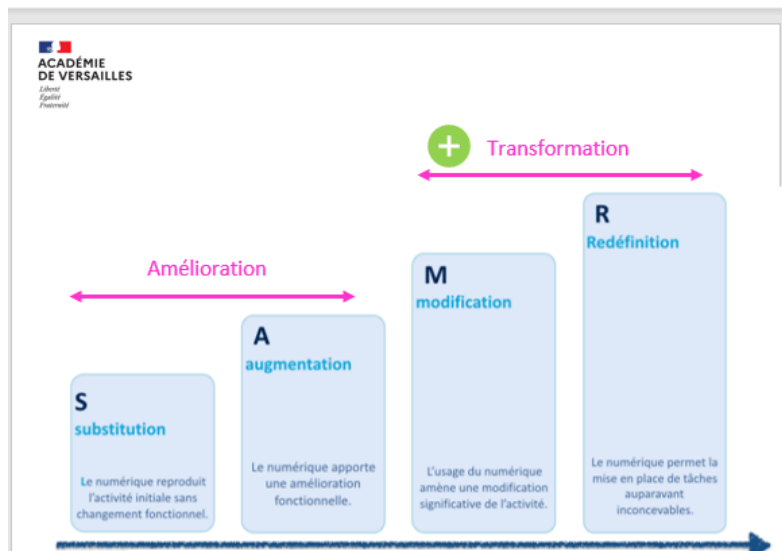
reexploitation

- Les élèves doivent expliquer le fonctionnement d'un marais salant à partir des connaissances acquises dans la séance. Une vidéo décrivant succinctement le fonctionnement d'un marais salant est à disposition (<https://ladigitale.dev/digiview/#/v/6a21d7a16e8b3>).
- Celle-ci ne contient pas les éléments de modélisation découverts dans la séance.

## Prolongations

- A la séance suivante, le professeur reprend les éléments de structuration avec les élèves et une mise en commun des réponses apportées à la question 13 est faite. Cela peut aussi être un moment approprié pour revenir sur les différentes
  - Le professeur propose ensuite deux expériences de cours (en vidéo ou réalisées en direct) permettant de compléter la notion et de l'exploiter :
    - une montrant l'influence de la température (vidéo de la précipitation de l'iodure de plomb)
    - une proposant le mélange de deux solutions ioniques (chlorure de sodium et nitrate d'argent par exemple) afin de prévoir le sens d'évolution du système lors du mélange (précipitation ou non). Cette activité peut servir d'évaluation formative.
  - Sur une séance de projet expérimental, un bilan technique sera réalisé : rédaction de requête, l'IA donne-t-elle toujours la même réponse à une demande, quelle consommation énergétique, quand solliciter un moteur de recherche/une IA ?
- **Retour d'expérience :**

S'appuyer sur le modèle SAMR de Ruben Puentedura : indiquer, pour chaque méthode associant un outil numérique, le niveau S, A, M ou R, sachant que la vraie plus-value se situe au niveau de la transformation de la tâche d'apprentissage (niveau M et R).



**Substitution** : L'intelligence artificielle remplace un document écrit dans l'activité pour fournir les conditions de dissolution totale ou non.

**Augmentation** : L'IA apporte une réponse rapide, contextualisée et rédigée.

Pas de manuel en STL : les ressources sont donc soit fournies par le professeur (et déjà triées) soit fournies par un moteur de recherche (difficile et long d'obtenir une réponse adaptée).

**.Modification** : Les élèves confrontent leur résultat d'expérience à une source numérique. Le regard critique est développé, d'autant plus si les réponses qui ont été apportées par l'IA ont été différentes selon les groupes (les valeurs de solubilité n'ont pas toujours été les mêmes).

La tâche est transformée : l'élève ne fait plus seulement une expérience, il analyse les informations apportées par une source.

**Redéfinition** : l'élève devient acteur dans l'apport des connaissances nécessaires à la résolution de son problème. Il apprend aussi à se servir d'un outil qui lui sera utile à l'avenir.

Développement de l'autonomie dans l'apprentissage grâce à l'IA.

- Les leviers : plus-values pédagogiques (enseignants / élèves)

Formation à l'utilisation de l'IA, regard critiques sur les données de l'IA

Autonomie des élèves dans l'apport des connaissances

Réflexion autour des conditions expérimentales par rapport aux valeurs théoriques données par l'IA

- **Les plus-values pour la discipline**

Motivation augmentée grâce à l'utilisation d'un outil numérique nouveau et encore peu utilisé en classe (voire transgressif)

Confrontation modélisation par l'outil numérique/expérience

Apport en autonomie des connaissances, possibilité de demander à l'IA de comparer l'équilibre de solubilité (nouveau) avec l'équilibre chimique (déjà rencontré par les élèves)

- **Les points de vigilance**

Difficulté pour les élèves de faire une requête à l'IA qui va permettre d'obtenir les informations attendues par le professeur (celles correspondant au programme de TSTL)

Difficulté de faire le tri des informations données par l'IA.

- **Les pistes pour aller plus loin ou généraliser la démarche**

- Prévoir une séance bilan sur l'utilisation de l'IA avec un apport technique comme cité dans les parties précédentes afin de préparer les élèves notamment dans le cadre du projet expérimental et du grand oral.

- Dans le même chapitre, une autre séance de TP a été faite avec l'IA comme aide au langage pour améliorer la rédaction d'un oral compte-rendu de TP sur l'extraction d'une espèce dissoute. En effet, le vocabulaire associé à la technique d'extraction par solvant est souvent mal maîtrisé par les élèves de TSTL. Dans ce cadre, « compare IA » a été utilisé afin d'avoir deux versions améliorées du compte-rendu des élèves, de leur faire choisir la meilleure version à leurs yeux et de discuter de la consommation d'énergie associée à la requête (cette info est fournie par le site).

## Retour des élèves sur l'utilisation de l'IA :

### 1. Qu'as-tu pensé de l'utilisation de l'IA sur ce TP?

9 répondants

OUI

C'était ludique j'ai bien aimé

L'IA nous a été utile pour les notions mais dans la précision des résultats moins

Plutôt bien , elle peut être utile !

Utile pour certaine question

intéressant

Utile

C étais pas mal

intéressant

### 2. Aurait-on pu se passer de l'IA dans ce TP?

9 répondants

OUI

Oui

Oui largement

Oui bien sûr

Oui

oui probablement

Je ne pense pas sauf si aide de professeur

Oui et non car elle nous a quand même apporter pas mal de chose que nous ne connaissons pas

probablement

### 3. A ton avis, dans quel but le professeur a voulu vous faire utiliser l'IA aujourd'hui?

9 répondants

Pour me faire apprendre à l'utiliser

Pour nous faire comprendre qu'on peut l'utiliser mais qu'il faut savoir l'utiliser correctement et pas tout le temps

Parce que l'IA devient de plus en plus utilisé et mis en avant dans notre génération

Pour pouvoir comparer les résultats et voir leur pertinence

Pour apprendre à sa servir l'IA

a nous informer et nous prévenir sur c'est ia

Pour mesurer le niveau d'intelligence de l'ia en physique

Pour pouvoir l'introniser dans potentiellement les études de demain

nous sensibiliser a l'utilisation de l'IA

## Exemple de prompt rédigé avec le site numedu.org

Tu dois agir comme un professeur de sciences dans le système éducatif français.

Tu enseignes à des élèves de lycée âgés de 15 à 17 ans.

propose moi une modélisation des équilibres de solubilité, utilise la notion de quotient de réaction, de produit de solubilité.

Pour donner ta réponse, tu utiliseras un ton académique.

Tu donneras ta réponse sous forme d'un tableau.

Réponse apportée par chat GPT

Voici une proposition de modélisation des équilibres de solubilité adaptée à des élèves de lycée (15–17 ans), en s'appuyant sur les notions de quotient de réaction et de produit de solubilité.

Étape de la modélisation	Description scientifique	Expression mathématique	Interprétation
1. Dissolution d'un solide peu soluble	Un solide ionique est placé dans l'eau. Une partie du solide se dissocie en ions.	Exemple : $\text{AgCl}(s) \rightleftharpoons \text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$	Un équilibre dynamique s'établit entre le solide et les ions dissous.
2. Écriture du quotient de réaction	On définit le quotient de réaction associé à l'équilibre de dissolution.	$Q_r = [\text{Ag}^+][\text{Cl}^-]$	Le solide n'apparaît pas dans l'expression car son activité est constante.
3. Définition du produit de solubilité	À l'équilibre, le quotient de réaction prend une valeur particulière appelée produit de solubilité.	$K_s = [\text{Ag}^+][\text{Cl}^-]$	$K_s$ caractérise la solubilité du solide à une température donnée.
4. État non saturé	Les concentrations ioniques sont faibles.	$Q_r < K_s$	La dissolution du solide peut encore se poursuivre.

Voici une proposition de modélisation des équilibres de solubilité adaptée à des élèves de lycée (15–17 ans), en s'appuyant sur les notions de quotient de réaction et de produit de solubilité.

Étape de la modélisation	Description scientifique	Expression mathématique	Interprétation
1. Dissolution d'un solide peu soluble	Un solide ionique est placé dans l'eau. Une partie du solide se dissocie en ions.	Exemple : $\text{AgCl}(s) \rightleftharpoons \text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$	Un équilibre dynamique s'établit entre le solide et les ions dissous.
2. Écriture du quotient de réaction	On définit le quotient de réaction associé à l'équilibre de dissolution.	$Q_r = [\text{Ag}^+][\text{Cl}^-]$	Le solide n'apparaît pas dans l'expression car son activité est constante.
3. Définition du produit de solubilité	À l'équilibre, le quotient de réaction prend une valeur particulière appelée produit de solubilité.	$K_s = [\text{Ag}^+][\text{Cl}^-]$	$K_s$ caractérise la solubilité du solide à une température donnée.
4. État non saturé	Les concentrations ioniques sont faibles.	$Q_r < K_s$	La dissolution du solide peut encore se poursuivre.
5. État d'équilibre (solution saturée)	Les vitesses de dissolution et de précipitation sont égales.	$Q_r = K_s$	Le système est à l'équilibre de solubilité.
6. État sursaturé	Les concentrations ioniques sont trop élevées.	$Q_r > K_s$	Une précipitation spontanée se produit jusqu'au retour à l'équilibre.
7. Cas général	Pour un solide ionique de formule $\text{M}_a\text{X}_b$ .	$\text{M}_a\text{X}_b(s) \rightleftharpoons a \text{M}^{n+}(\text{aq}) + b \text{X}^{m-}(\text{aq})$	Les coefficients stoechiométriques doivent être pris en compte.
8. Produit de solubilité généralisé	Expression générale du produit de solubilité.	$K_s = [\text{M}^{n+}]^a [\text{X}^{m-}]^b$	Les exposants correspondent aux coefficients stoechiométriques de l'équation de dissolution.
9. Lien avec la prévision d'une précipitation	On calcule $Q_r$ à partir des concentrations mesurées ou obtenues après mélange.	Comparaison de $Q_r$ à $K_s$	Permet de prévoir si un précipité apparaîtra ou non.
10. Modèle conceptuel	Le système évolue spontanément de manière à tendre vers l'égalité $Q_r = K_s$ .	$Q_r \rightarrow K_s$	Cette évolution traduit la recherche de l'état d'équilibre chimique.

## Synthèse

Valeur du quotient de réaction	Évolution du système
$Q_r < K_s$	Dissolution favorisée
$Q_r = K_s$	Équilibre de solubilité
$Q_r > K_s$	Précipitation favorisée

Cette modélisation permet de relier l'observation expérimentale (dissolution ou apparition d'un précipité) à un critère quantitatif fondé sur la comparaison entre le quotient de réaction  $Q_r$  et le produit de solubilité  $K_s$ .