

## LC 19: Solubilité

$$N_{rx} = CPGe$$

Prérequis = Cite d'éq  
Enthalpie standard de réact.  
Loi de Van't Hoff  
pH

Doc sur, eco pris ... TP finis

Biblio: le manchot 1. chimie exp.  
Chimie PCSI Durand Verin  
PC

Franz Chimie physique expérimentale Hermann 2006  
Épreuve orale des Caps Chimie Portion de Boucherie  
Durand de 12  
Répertoire des manif

### Intro

△ NaCl = Mettre 30 g de NaCl dans 100 mL d'eau (bouteille) et agiter  
→ pas de place slide  
Rejoindre 10 g (au plus) et agiter = il reste une place slide

À partir d'une certaine quantité de sel c'est de se dissoudre. Le pb ne vient pas du fait que la dissolution est lente : le sel dissous est très présent !

Il y a donc une limite à la quantité de slide que l'on peut dissoudre dans un solvant. Dans le temps, on va présenter les + notions qui permettent de décrire cette éq de solubilité, puis nous verrons quels sont les facteurs qui influencent sur cet éq. Enfin (pas à temps) on étudiera une applicat° particulière : le bâtonnement des eaux usées.

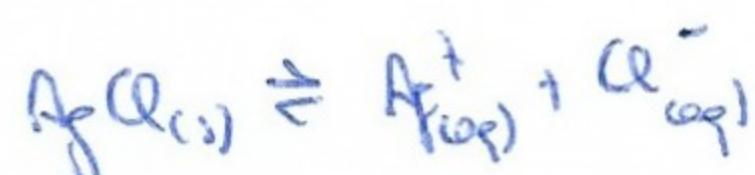
Rq: A grande concentration les activités ne sont plus égales aux concentrations

## I) Équilibre de solubilité

### I) Produit de solubilité

On part d'une situation proche de celle précédente où l'on avait une partie du sel soluble qui ne se dissolvait plus dans l'eau : on remplace NaCl par AgCl. On a un mélange de plusieurs phases, on parle d'éq. hétérogène.

Dans cette cas :



La constante caractérisant cette éq. se note  $K_s$  correspondant à la dissolution d'un solide dans un solvant.

$$K_s = \frac{a(Ag^+) a(Cl^-)}{1}$$

En effet l'activité du solide pur = 1. Si les concentrations sont suffisamment faibles (cas typique cas NaCl  $\rightarrow K_s \approx 32$   $\rightarrow$  pas correct d'estimer que les concentrations = activités)

Si  $c = 1 \text{ mol/L}$  alors

$$K_s = [Ag^+] [Cl^-]$$

Pour le chlorure d'argent on a  $K_s = 10^{-9,752}$  à 298 K

Rq : - Comme H est constante  $K = f(T)$

- Si l'éq de solubilité correspond à un éq. entre solide (soluble) et ions, on parle de produit de solubilité
- Cette constante n'a sens que si le solide est effectivement présent dans le soluté, c'est à dire que la solution soit saturée.

→ Comment caractériser la mise en place de l'équilibre ?

## 2) Critère d'existence du solide

le voir aussi p 875 Durand Von un Rhinie

On a précisé que le  $K_s$  n'est valable que dans le cas où le solide est effectivement présent (solide saturé). Il existe néanmoins un critère qui permet de savoir si, à partir des concentrations initiales en ions introduits, on a la présence d'un solide, que l'on qualifie de précipité.

Pour un mélange d'ions  $\text{Ag}^+$  et  $\text{Cl}^-$  on note le coeff de satut°  $Q = [\text{Ag}^+][\text{Cl}^-]$  où intérieurement les concentrations initiales en ions introduits. Le critère est le suivant:

- Si  $Q < K_s$  on a pas de satut°, le solide n'existe pas
- Si  $Q = K_s$  on a un éq., le solide est dit saturé
- Si  $Q > K_s$  on a précipité jusqu'à atteindre  $Q = K_s$

On applique ce critère au cas de l' $\text{AgCl}$  dans l'eau (appel:  $K_s \approx 10^{-9,75}$ )

- Si  $[\text{Ag}^+] = [\text{Cl}^-] = 10^{-5} \text{ mol/L}$  on a  $Q = 10^{-10} < K_s$ , pas de précipité, le solide est totalement dissous
- Si  $[\text{Ag}^+] = [\text{Cl}^-] = 10^{-3} \text{ mol/L}$   $Q = 10^{-6} > K_s$  donc on a précipité. Noter solut° finale avec une concentration  $k_f$   $[\text{Ag}^+][\text{Cl}^-] = 10^{-9,75}$  et comme les deux sont égaux on a  $[\text{Ag}^+]_f = [\text{Cl}^-]_f \approx 10^{-\frac{-9,75}{2}} = 1,33 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L}$  et le reste des ions est sous forme de précipité  $\text{AgCl}(s)$

On peut tracer des diagrammes d'existence : il témoigne de l'existence ou non d'un solide en fonction de la grandeur  $pX = -\log([X])$  où  $X$  est un ion du précipité

On va faire le cas avec  $\text{AgCl}$  gradué en  $p\text{Cl}$  en considérant une solut° en chlore d'argent à  $a^+ \text{ Cl}^- = 0,1 \text{ mol/L}$

On imagine que les ions  $\text{Cl}^-$  sont ajoutés progressivement, sans variation de volume, à notre solut° où  $[\text{Ag}^+] = 0,1 \text{ mol/L}$ . La 1<sup>re</sup> particule  $\text{AgCl}(s)$  apparaît quand le produit de solubilité est vérifié  $K_s = 0,1 [\text{Cl}^-]$  ce qui donne  $p\text{Cl} = 8,75$

$$\xrightarrow{\begin{array}{c} \text{AgCl}(s) \text{ existe} \\ ; \quad \text{AgCl}(s) \text{ n'existe pas} \end{array}} p\text{Cl}$$

$$Q > K_s \quad 8,75 \quad Q < K_s$$

domaine existence à gauche car  $p\text{Cl}$  décroissant en  $[\text{Cl}^-]$

### 3) Solubilité d'une espèce

On veut quantifier la q'té de solide que l'on peut dissoudre avant d'avoir dans le domaine d'existence :

Def : q'té de matériau que l'on va pouvoir dissoudre dans un volume d'1L de solut° à une T° donnée.

Cette grandeur est notée  $s$  et s'exprime en mol/L ou g/L. Ne pas confondre directement mesurée au produit de solubilité qui est une constante.

lien entre  $K_s$  et  $s$  ?

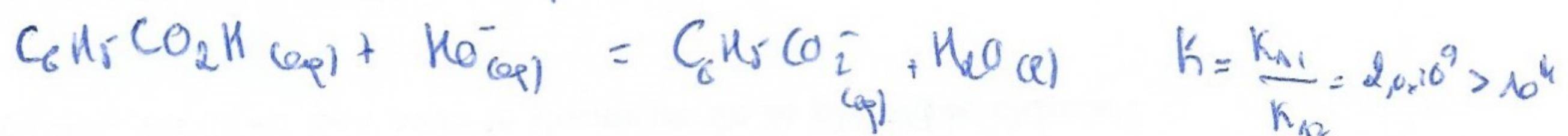
△ Planip = Détermination du  $K_s$  de l'acide borrique

Voir doc 1 et site ICI et plot frot et Chimie physique expérimental Herminier

Reparer une solut° diluée - Pour en prélever utilisez papier filtre plié au bout de la pipette jaupé.

Titrage cobrimétrique

△ On prépare le titrage avec pH-mètre



→ faire les calculs et trouver  $s$   
calcul d'inexactitudes si possible

react° totale (q'titative)

→ La product de solubilité est une grandeur théorique fonction de T seulement, tandis que la solubilité dépend de la solut°. Comment peut-on agir sur cette dernière ?

## II) Facteurs d'influences

### 1) Effet d'ion commun

#### ⚠️ Remarque rapide

On a 2 bêchers : un avec 100 mL d'eau distillée

un avec 100 mL d'acide chlorhydrique  $c_0 = 6 \text{ mol/L}$

On ajoute dans les 2 bêchers 30 g de NaCl ( $\approx 0,51 \text{ mol/L}$ )

On observe  $\rightarrow$  eau : pas de précipité  $\rightarrow K_s = s^2$  et  $K_s = 32,98 \rightarrow s = 5,7 \text{ mol/L}$   
acide chlor. : précipité  $\rightarrow K_s = s(c_0 + s)$  (présence importante de  $\text{Cl}^-$ )

$K_s$  change pas car le solvant reste l'eau  $\rightarrow s = 3,5 \text{ mol/L}$

On appelle cette effet = effet d'ion commun

↳ si on introduit des ions qui "peuvent" se précipiter avec en diminuer  $\rightarrow$  du selide

#### 2) Effet de la $T^\circ$

On sait que  $K_s = f(T)$  donc logiquement  $s = f(T)$

#### ⚠️ Remarque pddg de manuel

Exemple de la phénole et le

$\rightarrow$  commencer à chauffer avec bâton pour éviter d'obtenir 3 min

on remarque que lorsque  $T \uparrow \rightarrow s \uparrow$

C'est souvent le cas mais il y a des contre-exemples  $\rightarrow$  voir nouvelle légende



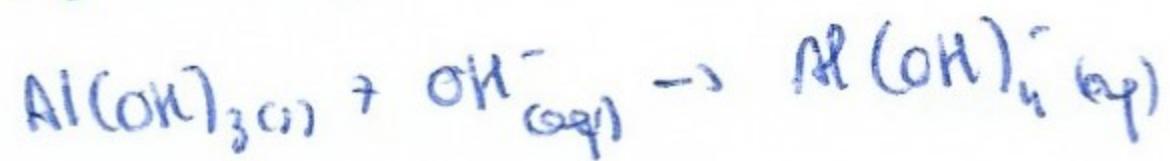
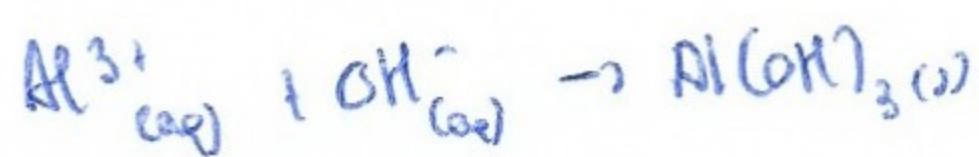
On fait ici une recristallisation qui est un procédé qui permet de purifier un solide, qui se base sur la  $\neq$  de solubilité entre le solide à purifier et ses impuretés dans le solvant condensé

### 3) Influence du pH

⚠ Nomip Épreuve orale du Gps de Chimie Filière de Bützow du 12 p 82

Partie 1 TP APRU au :

faire le TP puis expliquer qualitatif faire cohérence des photos tubes à essais



→ Tracer  $\text{pH} = f(V_{\text{NaOH}})$  et dérivé

Calculer  $[\text{Al}^{3+}]$

$$s = f(\text{pH}) \quad \text{règle de péri sté}$$

⚠ quest' → influence du solvant, complexat° ...

### IV) Application : traitement des eaux usées

On a vu comme appliquer des mol° de stabilité des chargeurs

→ ~~mais~~ cette mol° est utilisée pour assainir l'eau pour se débarrasser des métallo - la meilleure est d'en faire des solides par précipitat°. → traitement industriel

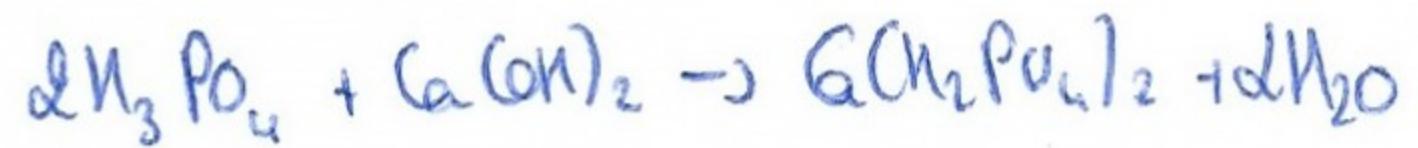
⚠ Résultat chimique à l'eau

Les eaux usées contiennent de nombreux espèces chimiques que l'on souhaite éliminer / réduire

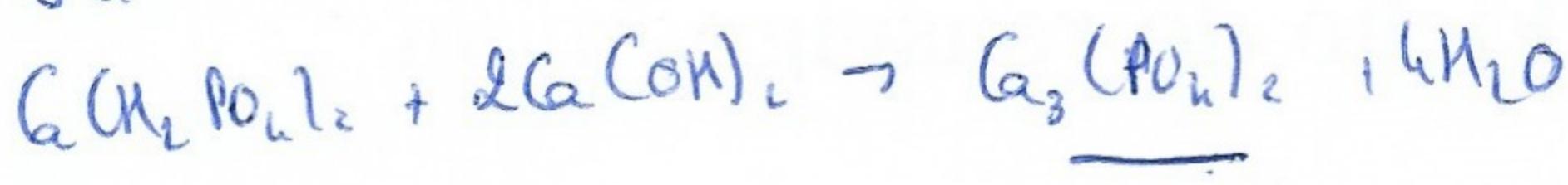
On peut citer les ions responsables de la dureté ( $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$ ), certains métaux, certains anions tel que  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ . Pour certaines d'entre elles, on utilise le principe de la précipitation.

On peut prendre l'exemple de la purification du phosphate  $\text{PO}_4^{3-}$  (m procédé pour le Ca) en utilisant de la chaux éteinte  $\text{Ca(OH)}_2$  (chaux morte : CaO).

Dans le cas d'un pH entre 6 et 7 on a :



Puis le  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$  reste encore assez soluble; on a maintenu la température, jusqu'à un pH entre 9 et 12.



et ce nouveau complexe bicausalgique a une solubilité bien plus faible dans l'eau. Il décante lentement sous l'influence d'un flocculant (polymère qui suit à empêcher les colloïdes).

(Dans le cadre du traitement des eaux usées cette réaction généralement des copolymères d'acrylamide et d'acide acrylique ou encore des polyacrylamides.)

La neutralisation permet ensuite d'obtenir un pH neutre.

### Conclusion

On a pu étudier le phénomène de solubilité, que l'on peut observer dans le cas de tous les gisements (selon source dans l'eau) et qui est utile industriellement dans le traitement des eaux usées.

On a montré l'existence de  $K_s$  qui dépend que de  $T^\circ$  pour un solvant donné. Ce  $K_s$  permet de calculer la solubilité d'espèces chimiques, et c'est cette dernière qui est importante.

quest → remédier au

malaise auquel il