

WIMS et sciences expérimentales à l'Université : enseignement et évaluation à distance, nouveautés sur la précision dans les exercices, création de ressources pour la chimie

Céline DABLEMONT – Maître de Conférences en Chimie-Physique
celine.dablemont@universite-paris-saclay.fr

Plan

Projet « Oser WIMS »

Retour d'expériences

Problèmes de précision

Contexte initial du Projet “Oser WIMS”

Construction des programmes de Licence

3 années L1, L2 et L3 de 60 crédits ECTS chacune soit 180 ECTS au total

Matières réparties en Unités d'Enseignements (UE) qui ont un nombre d'ECTS donné : ex. Chimie Générale 5 ECTS, Optique Physique 3 ECTS...

→ Découpage en matières, ECTS associés et volumes horaires correspondant = maquette de la Licence définie par l'Université et validée (accréditée) par le MESRI

Maquettes de l'Université Paris-Sud (*fin en Juil. 2020 pour les L1 / Juil. 2021 pour les L2-L3*)

1 ECTS = 10 h en présentiel avec les étudiants (donc comptées dans le service des enseignants)
+ 20 h estimées de travail personnel de l'étudiant

Maquettes de la Licence de Chimie de l'Université Paris-Saclay (*démarrage en Sept. 2020 pour les L1 / Sept. 2021 pour les L2-L3*)

1 ECTS = 9 h en présentiel avec les étudiants (donc comptées dans le service des enseignants)
+ 1 h d'Enseignement A Distance (EAD – non comptabilisée dans le service des enseignants)
+ 20 h estimées de travail personnel de l'étudiant

→ **Besoin d'avoir des outils d'EAD pérennes qui permettent aux étudiants de s'auto-entraîner notamment pour travailler les automatismes sans faire exploser la charge de travail pour les enseignants**

Evolution du projet “Oser WIMS” dans le contexte COVID

Exemple de l’UE de Thermochimie en L1 de Polytech Paris-Saclay

Avant le 13 Mars 2020 : en présentiel,

2/3 des cours

un peu plus de la moitié des TD

mais seulement un contrôle sur table sur les trois prévus

Après le 13 Mars 2020 : distanciel complet

→ **Besoin d’avoir rapidement des outils pour évaluer les étudiants en distanciel par des méthodes automatiques**

→ **Amélioration de ressources existantes**

Projet “Oser WIMS”

Projet collaboratif

75 k€ financés par l’Université Paris-Saclay dans le cadre d’un appel à projets pour l’innovation pédagogique

Embauche d’un ingénieur (Eric Canovas) pour aider le consortium à développer de nouvelles ressources pour WIMS

Consortium sur deux Universités différentes au niveau de Paris-Saclay

- ✓ Université de Versailles Saint Quentin : Véronique Chaffard-Bourgoin (chimie organique)
- ✓ Université Paris-Sud : Marie-Joëlle Ramage (chimie générale et remédiation)

Composantes multiples au niveau de l’Université Paris-Sud

- ✓ UFR des Sciences d’Orsay : MJR, Marie-Claude David (maths), Sophie Lemaire (maths), CD (chimie), Erika Porcel (chimie),
- ✓ UFR de Pharmacie : Marie-Françoise Bernet-Camard (bactériologie), Jean-François Berrien (chimie)
- ✓ Polytech Paris-Saclay : CD

Projet “Oser WIMS” : les premières ressources développées

Graphes de dosage pH-métriques (MJR, EC et SL)

<https://wims.di.u-psud.fr/wims/wims.cgi?module=U1/chemistry/oefphgraphes.fr>

Lecture de graphes

Adapter l'échelle en fonction des données expérimentales

Placer des points expérimentaux sur un graphique

Faire une régression linéaire et déterminer l'équation correspondante

Equilibres réactionnels (EP, MJR, EC et SL)

<https://wims.u-psud.fr/wims/wims.cgi?module=U1/chemistry/oefeqreact.fr>

Equilibrer une équation chimique

Notions d'avancement, de réactif limitant, d'activité, de quotient de la réaction, de constante d'équilibre

Cinétique chimique formelle (CD et MCID)

<https://wims.u-psud.fr/wims/wims.cgi?module=H6/chemistry/formalKinetic.fr>

Relier vitesse de réaction et évolution des concentrations des réactifs et des produits

Problématique de l'unité de la constante de vitesse

Etablir l'équation horaire

Notions de mécanismes simples (réactions consécutives, compétitives, jumelles et équilibrées)

Généralités sur les réactions en chaîne

Projet “Oser WIMS” : quelques ressources améliorées

Pour tous les modules, améliorations de forme et de précision mais aussi quelques ajouts d'exercices (CD et MCID)

Réactions de précipitation (module initialement développé par Claire Colonna – Sorbonne U.)

<https://wims.u-psud.fr/wims/wims.cgi?module=U1/chemistry/oefprecipitation.fr>

Ajout de deux nouveaux exercices sur le pH de précipitation

Réactions de complexation (module initialement développé par CC)

<https://wims.u-psud.fr/wims/wims.cgi?module=U1/chemistry/oefcomplex.fr>

Cinétique chimique (module initialement développé par CC)

<https://wims.u-psud.fr/wims/wims.cgi?module=U1/chemistry/cinetic.fr>

Thermodynamique des gaz parfaits (module initialement développé par Jean-René Vacher et Bernadette Perrin-Riou)

<https://wims.u-psud.fr/wims/wims.cgi?module=U2/thermo/oefgazparfait.fr>

Machines thermiques (module initialement développé par JRV et BPR)

<https://wims.u-psud.fr/wims/wims.cgi?module=U2/thermo/oefcycles.fr>

Ajout de six exercices avec des calculs d'entropie seuls ou couplés aux calculs d'énergie

Plan

Projet « Oser WIMS »

Retour d'expériences

Problèmes de précision

Contexte COVID d'enseignement hybride : 2nd semestre 2020-21

Module de Thermochimie et Chimie des Solutions en PeiP1 de Polytech Paris-Saclay

Polytech Paris-Saclay = Ecole d'Ingénieurs interne à l'ancienne Université Paris-Sud

PeiP1 = Parcours des Elèves Ingénieurs Polytech 1^{ère} année

= 1^{ère} année post-bac de classe prépa intégrée (équivalent L1)

Promo entre 80 et 90 étudiants suivant les années

Contexte général

~75 % de ces étudiants se destinent aux métiers d'ingénieur dans les domaines de l'informatique, l'électronique et la photonique.

A peine 25 % vont s'orienter vers le domaine des matériaux (interface physique-chimie).

→ Ce module est un module généraliste et pas un module de spécialité.

Contexte spécifique 2020-21

Ces étudiants ont subi le 1^{er} confinement pendant leur année de Terminale.

Au début du semestre, on ne sait pas quelle va être la part d'enseignements présentiel / distanciel.

Au 1^{er} semestre, on a constaté que les étudiants sont encore plus passifs en distanciel total ou partiel qu'en présentiel.

→ WIMS comme solution pour rendre les étudiants acteurs dans leurs apprentissages.

WIMS en PeiP1 - 2nd semestre 2020-21 : méthodologie

Aspects logistiques spécifiques

100 % distanciel : tous les CM et les 3 premières semaines de TD

100 % présentiel : la grande majorité des TD, les TP et les 3 contrôles sur table

Utilisation de WIMS

✓ A la fin d'un chapitre de TD, une feuille d'exercices WIMS est proposée aux étudiants.

7 feuilles d'exercices WIMS en tout avec un nombre d'exercices par feuille compris entre 6 et 12

Ces feuilles sont en « auto-entraînement ». Les étudiants peuvent travailler les exercices autant qu'ils le veulent. Les notes ne sont pas prises en compte.

✓ Après la phase d'auto-entraînement, un examen WIMS est planifié.

5 examens WIMS en tout avec un nombre d'exercices par examen compris entre 2 et 4

2 essais par examen – durée très longue pour valoriser la lecture attentive des énoncés et la réflexion

Les notes de ces examens permettent de calculer une note de contrôle continu prise en compte dans le calcul de la moyenne du module.

✓ Le contrôle sur table n°1 comprend un exercice (sur 3) inspiré d'une des feuilles d'exercices WIMS.

Le contrôle sur table n°2 comprend un exercice (sur 3) directement issu d'une des feuilles d'exercices WIMS.

WIMS en PeiP1 : maintien du niveau en contexte COVID

Evolution de la note à l'exercice sur les machines thermiques



Evolution de la note à l'exercice sur les réactions chimiques

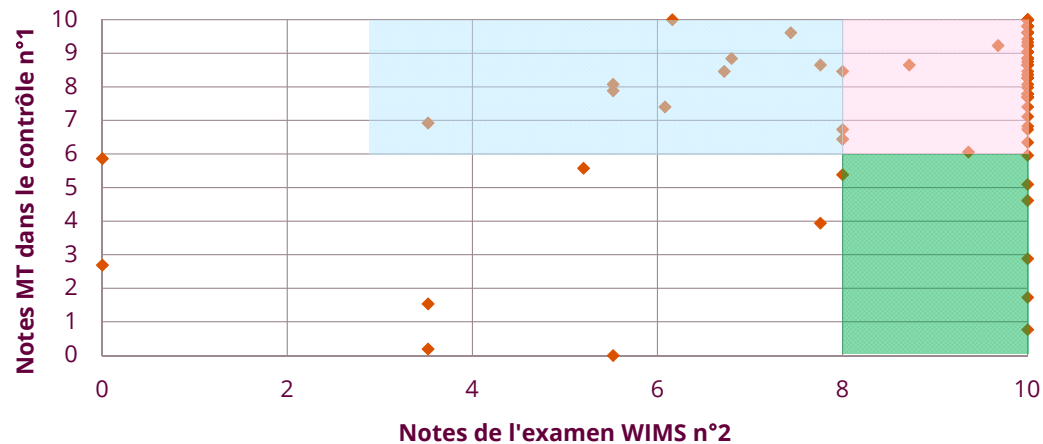


→ L'utilisation de WIMS a permis en contexte COVID :

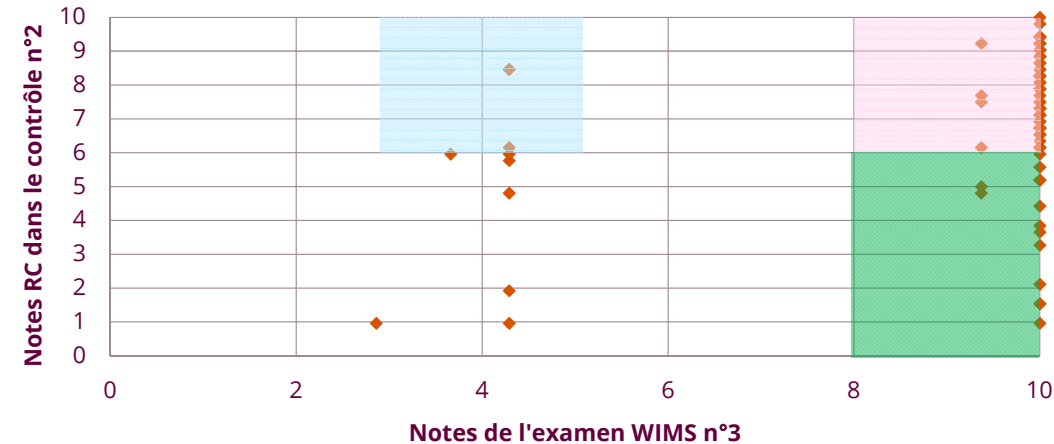
- de rendre les étudiants acteurs de leurs apprentissages ;
 - d'avoir un niveau équivalent (voire un peu meilleur) à celui des années précédentes
- sur les deux points clés du programme que sont les machines thermiques et l'application de la thermodynamique aux réactions chimiques.

WIMS en PeiP1 : corrélations entre résultats WIMS et CST

Notes de l'exercice sur les machines thermiques dans le contrôle n°1 vs notes de l'examen WIMS n°2



Notes de l'exercice sur les réactions chimiques dans le contrôle n°2 vs notes de l'examen WIMS n°3



Donnée	Contrôle n°1	Contrôle n°2
Nombre total d'étudiants	75	77
Au-dessus de 6 au CST	61	59
Dont au-dessus de 8 à WIMS	52 (69 %)	54 (70 %)
Dont en-dessous de 8 à WIMS	9 (12 %) WIMS entre 3 et 8	5 (6 %) WIMS entre 3 et 5
< 6 au CST mais > 8 à WIMS	7	13

→ Consolidation des connaissances

→ Identification des lacunes et remédiation

→ Autonomie ?

2nd semestre 2020-21 : retour des étudiants (1/2)

Questionnaire réalisé en fin de module

41 réponses pour une promo ~80 étudiants

Une grande majorité (85 %) a utilisé la phase d'auto-entraînement avant les examens WIMS. Elle leur a paru principalement intéressante pour l'entraînement (83 %) mais aussi pour l'apprentissage de méthodes (72 %) un peu moins pour la mémorisation (47 %).

Feuilles	Conclusion	Utilité	Remarque
1	Intérêt marqué	76 %	Enseignements en 100% distanciel
2	Un peu de relâchement	51 %	*
3	Regain d'intérêt	73 %	
4 et 5	Relâchement si pas d'examen WIMS associé	41 %	Problème de calendrier
6 et 7	Essoufflement en fin de semestre	54 % et 30 %	

* « Dans le cas des machines thermiques qui était typiquement ce qu'on a eu au contrôle, je regrette vraiment de ne pas avoir pris mon temps sur cette feuille avant le contrôle et j'aurais pu beaucoup mieux le réussir. »

2nd semestre 2020-21 : retour des étudiants (2/2)

Question	Facile	Difficile
Examens WIMS	49 % *	24 % **
Examens WIMS vs évaluation classique sur table	83 %	7 %

* Un étudiant précise que l'on teste davantage les points importants à ne pas oublier dans un calcul plutôt que la méthode proprement dite.

** Un autre regrette le côté binaire de la correction !!!

Le travail sur la précision des réponses demandées aux étudiants est apprécié et à généraliser.

Les étudiants souhaitent des **solutions complètes dans tous les exercices WIMS : faut-il les rédiger ? à quelle condition les afficher ?**

Dans le paramétrage expert, il est possible d'afficher la bonne réponse / la solution / le feedback / l'indication :

- ✓ soit jamais / toujours ;
- ✓ soit à partir de l'étude de la version 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6.

Auto-évaluation puis contexte COVID d'évaluation : 2nd semestre 2019-20

Contexte spécifique 2019-20

Ces étudiants ont démarré l'année en 100 % présentiel (contrôle n°1 inclus).
ont basculé en 100 % distanciel à compter du 13 Mars 2020.

Méthodologie avec WIMS

✓ Présentiel

5 feuilles d'exercices WIMS en tout avec un nombre d'exercices par feuille compris entre 6 et 15

Ces feuilles sont en « auto-entraînement ». Les étudiants peuvent travailler les exercices autant qu'ils le veulent. Les notes ne sont pas prises en compte.

✓ Distanciel

Le contrôle n°2 dont les cours et la majorité des TD avaient eu lieu en présentiel a bien été remplacé par un Devoir Maison classique.

Remplacement du contrôle n°3 dont quasiment tous les enseignements avaient été fait en distanciel

Thème	Technique	Nombre d'exercices	Nombre d'essais
Réactions acido-basiques	WIMS	2	2
Précipitation et complexation	WIMS	4	2
Oxydo-réduction	Moodle	QCM	1

2nd semestre 2019-20 : retour des étudiants

Questionnaire réalisé un an après

31 réponses pour une promo ~80 étudiants

✓ *Auto-entraînement*

Nombreux exercices d'application

Induit un travail régulier

Prépare les contrôles sur table

Entraînement rapide

Favorise la compréhension

et l'acquisition de méthodes

Permet d'identifier les lacunes potentielles

Intérêt de la correction immédiate

✓ *Evaluation à distance*

Met en valeur la régularité du travail

Communication entre étudiants

La communication entre étudiants pendant les examens WIMS avait été anticipée par les collègues. Lorsque le poids de la note de contrôle continu WIMS n'est pas très important, on peut fermer les yeux. Lorsque WIMS impacte davantage la note de l'UE, les examens WIMS auront lieu dans des salles informatiques en présence d'un surveillant.

Plan

Projet « Oser WIMS »

Retour d'expériences

Problèmes de précision

Exercice : Cinétique formelle : méthode intégrale (1/2)

Module « Cinétique chimique » de CC

<https://wims.u-psud.fr/wims/wims.cgi?module=U1/chemistry/cinetic.fr>

Cinétique formelle : méthode intégrale

Cet exercice comporte 2 étapes

Soit la réaction : $A + B = C$, d'ordre p par rapport à A et d'ordre 0 par rapport à B . Le produit B est introduit en très grand excès par rapport à A .

Un suivi expérimental a permis de relever les valeurs de la concentration de A à différents instants t .

point	0	1	2	3	4	5
temps (h)	0	50	72	143	171	239
[A] (mol.L ⁻¹)	9.42×10^{-1}	9.33×10^{-1}	9.29×10^{-1}	9.16×10^{-1}	9.11×10^{-1}	8.99×10^{-1}

Nous cherchons à déterminer l'ordre partiel par rapport à A de la réaction et sa constante de vitesse k .

Partie 1.

- Si la réaction est d'ordre 0 par rapport à A :
 - La relation linéaire vérifiée par les grandeurs expérimentales est $f(t) = [A]$
 - L'expression de la pente de la droite correspondant à cette relation linéaire est $-1 \cdot k$
- Si la réaction est d'ordre 1 par rapport à A :
 - La relation linéaire vérifiée par les grandeurs expérimentales est $f(t) = \ln[A]$
 - L'expression de la pente de la droite correspondant à cette relation linéaire est $-1 \cdot k$
- Si la réaction est d'ordre 2 par rapport à A :
 - La relation linéaire vérifiée par les grandeurs expérimentales est $f(t) = 1/[A]$
 - L'expression de la pente de la droite correspondant à cette relation linéaire est $1 \cdot k$

Exercice en 2 étapes

1^{ère} étape

Rappel de cours sur la façon de diagnostiquer une réaction d'ordre 0, 1 ou 2 et de déterminer la constante de vitesse associée par une méthode graphique

Si la réponse à la 1^{ère} étape est fautive, l'exercice s'arrête.

Sinon, on passe à la 2^e étape.

En théorie, les étudiants doivent construire trois graphes en fonction du temps (concentration, son ln et son inverse) pour déterminer quelle fonction admet une droite pour graphe.

Exercice : Cinétique formelle : méthode intégrale (2/2)

Cinétique formelle : méthode intégrale

Cet exercice comporte 2 étapes

Soit la réaction : $A + B = C$, d'ordre p par rapport à A et d'ordre 0 par rapport à B . Le produit B est introduit en très grand excès par rapport à A .

Un suivi expérimental a permis de relever les valeurs de la concentration de A à différents instants t .

point	0	1	2	3	4	5
temps (h)	0	50	72	143	171	239
$[A]$ (mol.L ⁻¹)	9.42×10^{-1}	9.33×10^{-1}	9.29×10^{-1}	9.16×10^{-1}	9.11×10^{-1}	8.99×10^{-1}

Nous cherchons à déterminer l'ordre partiel par rapport à A de la réaction et sa constante de vitesse k .

Partie 2.

L'analyse graphique des données montre qu'une droite est obtenue pour le tracé $f(t) = [A](t)$.

- L'ordre partiel par rapport à A vaut donc .
- La valeur de la constante cinétique k est (deux chiffres significatifs sont suffisants).
- Précisez son unité : mol . L . h .

2^{ème} étape : utilisation des résultats de la 1^{ère} étape

Ici WIMS donne l'info de la fonction qui admet une droite pour graphe.

→ conclusion sur l'ordre + l'unité de la constante de vitesse dépend de cet ordre

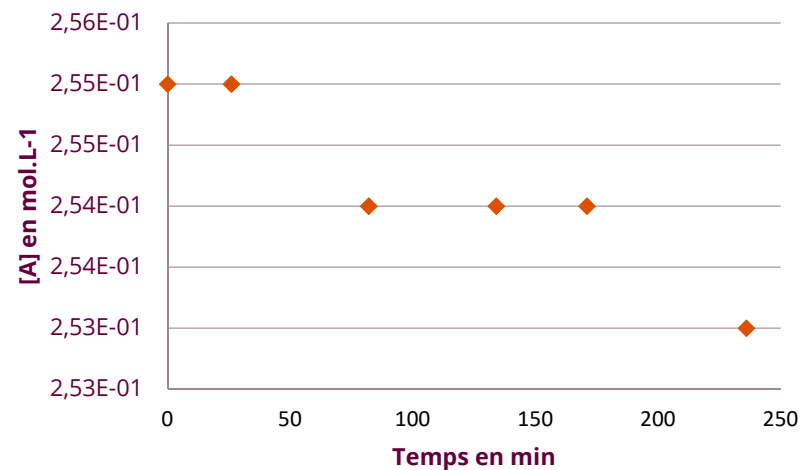
La valeur numérique de la constante de vitesse est reliée à la pente de la droite.
→ les étudiants doivent utiliser une méthode graphique ou algébrique pour la déterminer.

Problème d'échantillonnage des données fournies par WIMS

Or, les réactions d'ordre 0 peuvent avoir des constantes de vitesse très petites.

Initialement, ces constantes de vitesse étaient sélectionnées entre 10^{-7} et $8 \cdot 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}.\text{temps}^{-1}$. La gamme de temps pour le suivi cinétique était comprise entre 0 et 300 temps.

Dans certains cas de figure, la répartition des données de l'énoncé pouvait ressembler à cela :



→ Les points ne sont pas proches de l'alignement !!!

Correction : ajustement de l'échantillonnage au niveau des constantes de vitesse (pour la cohérence expérimentale) comprises entre $1,8 \cdot 10^{-5}$ et $3 \cdot 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}.\text{temps}^{-1}$

precision{}

Initialement, cet exercice était codé avec `\precision{400}`

Pour savoir si la réponse est correcte, WIMS calcule

$M = \max(|\text{réponse}| + |\text{bonne réponse}|, 1/\text{precision})/\text{precision}$

Ici $M = \max(|\text{réponse}| + |\text{bonne réponse}|, 0,0025)/400$

La réponse est considérée comme juste pour $|\text{réponse} - \text{bonne réponse}| \leq M$

Le diagnostic n'est donc pas relié à l'incertitude relative (en %) utilisée en sciences expérimentales.

$|\text{réponse} - \text{bonne réponse}| * 100 / |\text{bonne réponse}|$

Problème de la précision demandée sur la réponse à fournir

Or, en cinétique, les constantes de vitesse ont des gammes très différentes suivant l'ordre.

Ordre	0	1	2
k	10^{-7} et $8 \cdot 10^{-5}$ mol.L ⁻¹ .temps ⁻¹	10^{-3} et 10^{-1} temps ⁻¹	10^{-3} et 10^{+2} L.mol ⁻¹ .temps ⁻¹

Avec \precision{400}, on se retrouvait donc dans des situations où :

Ordre	0	1	2
Bonne réponse	→ 27 %	Uniquement réponses rigoureusement exactes (2 chiffres significatifs)	
Mauvaise précision	→ 53 %	→ 6 %	→ 9 %

Beaucoup d'incompréhensions de la part des étudiants et... des enseignants !!!

Résolution avec :

```
\text{rangek = item(1..2,slib(text/approximation \karr,2,1))}  
+ \answer{}{\rangek}{type=range}
```

Utilisation de la slib text/approximation

La slib text/approximation renvoie les bornes de l'intervalle et la valeur arrondie.

`\text{rangek = item(1..2,slib(text/approximation \karr,2,1))}`

→ valeur de `\karr` avec 2 chiffres significatifs et une tolérance de 1 (ajustable pour une tolérance plus grande) sur le dernier des 2 chiffres significatifs

Par exemple, `\karr = 1.3456789e-5`

→ Minimum = `1.2e-5`

→ Maximum = `1.4e-5`

→ Nombre = `1.3e-5`

→ Incertitude relative < 8 % alors qu'avant « bonne réponse » avec 27 % !!!

`\text{rangek = item(1..2,slib(text/approximation \karr,2,1))}`

→ Définition de l'intervalle dont les extrémités sont les deux premiers termes du slib

La syntaxe de la réponse est `\answer{}{\rangek}{type=range}`

Pour d'autres solutions sur la précision demandée sur la réponse à fournir, voir l'article de Marie-Claude David sur le site de WIMS EDU

<https://wimsedu.info/?p=6239>

Problème de précision sur les données fournies par WIMS

Initialement, le tirage au sort sur la valeur de k était codé avec `\real{k=random(1e-7..8e-5)}`
 k était utilisée pour calculer les valeurs exactes des concentrations fournies dans l'énoncé.
Ces valeurs de concentration étaient fournies aux étudiants avec 3 chiffres significatifs :
`\text{A5}_arr=slib(\text/sigunits \A5 ,3)`

Les étudiants utilisaient donc des valeurs arrondies pour calculer leur valeur de k .
Leur réponse était comparée à k_{arr} : `\text{karr=slib(\text/sigunits \k ,2)`
Même avec les précautions sur le nombre de chiffres significatifs (3 pour les concentrations, 2 pour k_{arr}), dans les cas où une précision très élevée était demandée (ordres 1 et 2), même l'enseignant avait quasiment toujours « mauvaise réponse » !!!

Les données doivent être calculées avec la valeur qu'on attend des étudiants et avec la même précision donc ici avec 2 chiffres significatifs.

Construction de k avec 2 chiffres significatifs en modifiant son tirage au sort avec `randint` :

```
\real{k=random(randint(18..99),randint(10..30)*10)*10^(-6)}
```


Conclusion et remerciements

Conclusion

WIMS est un outil qui induit un travail régulier des étudiants grâce à ces nombreux exercices d'application.

Il est important de continuer à le faire progresser en développant de nouvelles ressources et en les publiant.

Mais chacun d'entre nous doit aussi garder en tête qu'il est responsable de l'amélioration des exercices WIMS.

Cela demande parfois un travail de test important pour préciser le problème et formuler une solution.

Ensuite, il est possible de trouver, au sein même de la communauté WIMS, un collègue pour programmer la correction.

Rappel : pour les questions liées aux corrections des modules pédagogiques gérés par l'association WIMS EDU : qualite@wimsedu.info

Remerciements

Association WIMS EDU

Membres du projet « Oser WIMS »

Les auteurs de la première version des exercices améliorés