

Thème : chimie

UNE APPROCHE DE L'AVANCEMENT DE LA REACTION CHIMIQUE EN SECONDE

Groupe de travail ENSFEA « Manipulations de Physique et Chimie en Seconde » (janvier 2002)

Préambule :

Ce travail est le fruit d'une réflexion commune sur la notion d'avancement de la réaction chimique.

Il ne constitue pas en soi la leçon mais doit être considéré comme une approche possible.

Objectifs : introduire les notions de stœchiométrie, de réactif limitant et d'avancement de la réaction chimique.

Approche pédagogique retenue :

La séquence se divise en quatre parties :

- A- Une expérience qualitative (cf. expérience des ballons) qui permet de faire le lien entre la notion de quantité de matière et la réaction chimique
- B- Une activité (cf. ²Duplo²©) permettant d'introduire la notion d'avancement de la réaction en utilisant des proportions stœchiométriques et non stœchiométriques
- C- Une étude expérimentale dont le but est de vérifier quantitativement la notion d'avancement de la réaction chimique
- D- Généralisation de la notion d'avancement avec des nombres stœchiométriques.

A- L'EXPERIENCE DES BALLONS : REACTION DU VINAIGRE SUR LE BICARBONATE DE SOUDE :

1°) Matériel et produits sur la paillasse du prof :

- 8 ballons de baudruche ayant déjà été gonflés contenant cinq grammes d'hydrogénocarbonate de sodium (bicarbonate de soude du commerce). L'observation est facilitée si les ballons sont tous de même couleur.
- 8 flacons en verre identiques de 250 mL.
- 1 bouteille de vinaigre blanc à 10°.
- 1 marqueur.
- 1 flacon compte-gouttes de BBT.

2°) Matériel sur la paillasse élève :

- 1 burette de 25 mL sur support.
- 1 bécher de 100 mL.

Remarque : le remplissage des flacons et la pesée de l'hydrogénocarbonate de sodium peuvent être ou non réalisés par les élèves.

3°) Déroulement de la manipulation :

- Chaque binôme vient chercher à la paillasse du prof un ou deux flacons préalablement numérotés de 1 à 8, à l'aide du marqueur. Il prend également un peu de vinaigre dans le bécher.
- Après avoir rempli la burette de vinaigre et fait correctement le zéro, il verse dans le ou les flacons qui lui ont été confiés un volume de vinaigre donné dans le tableau suivant.

N° du flacon	1	2	3	4	5	6	7	8
Volume de vinaigre en mL	5	10	15	20	25	30	35	40

- Chaque binôme rapporte son ou ses flacons à la paillasse du prof et les aligne suivant la numérotation.
- On ajoute quelques gouttes de BBT dans chaque flacon.
- On adapte un ballon sur le col de chaque flacon **en veillant à bien centrer le ballon sur le col du flacon et à bien l'enfoncer.**

Photographie n°1



- Au signal donné, on redresse tous les ballons de façon à faire tomber leur contenu dans les flacons de vinaigre.

4°) Observations :

Photographie n°2

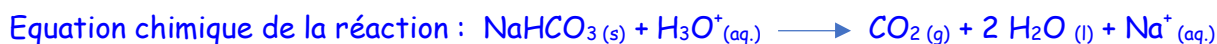
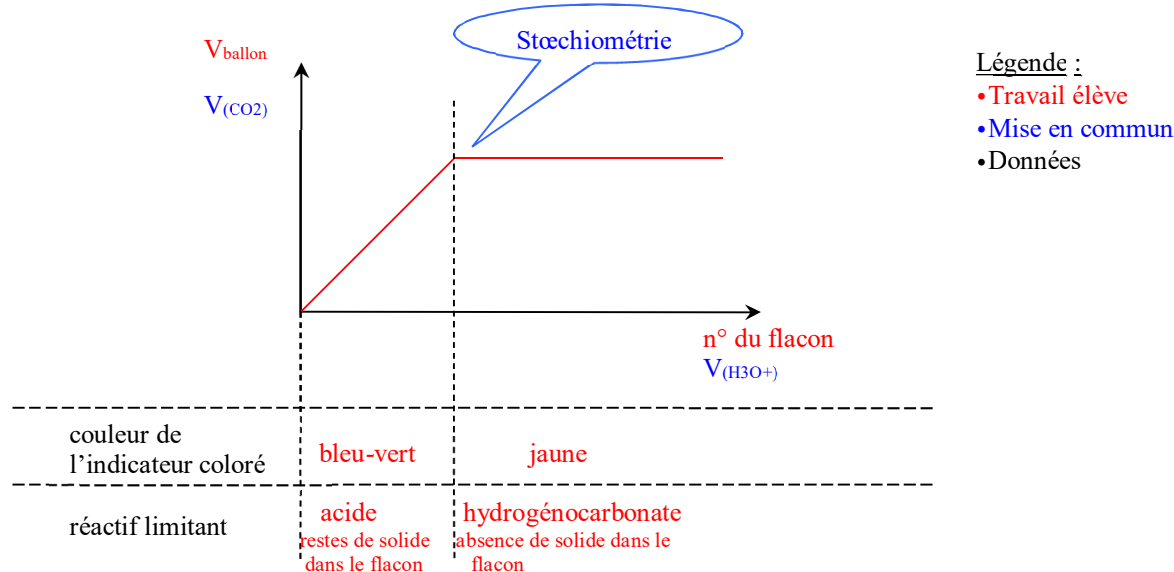


Remarque : Le palier peut être mieux apprécié en prenant 10 flacons et 10 ballons de même couleur.

5°) Exploitation :

Elle est réalisée en groupe et de manière qualitative. On peut, en observant le volume des ballons, amener les élèves à tracer la courbe suivante :

Volume du dioxyde de carbone dégagé en fonction du volume d'acide introduit



B- ACTIVITE: APPROCHE DE LA NOTION D'AVANCEMENT PAR LES «DUPLO®»:

1°) Préambule :

L'objectif de cette activité est d'aborder simplement les notions d'avancement et de stœchiométrie à partir de la réaction $\text{C} + \text{O}_2 \longrightarrow \text{CO}_2$ (étudiée dans le chapitre précédent: la réaction chimique). La modélisation retenue (les Duplo) est volontairement simplifiée afin d'éviter toute difficulté conceptuelle (modèle moléculaire, mécanisme réactionnel, etc...)

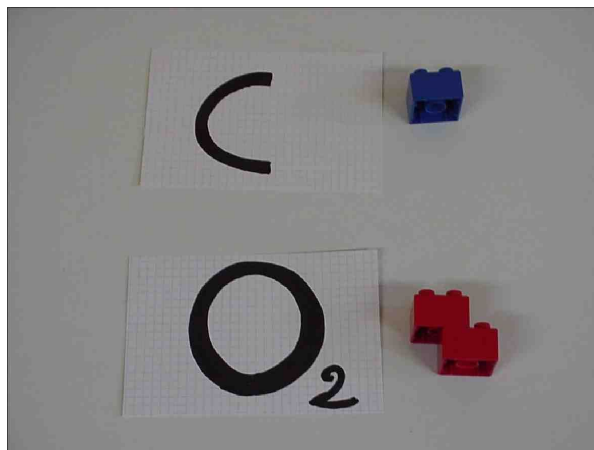
2°) Liste du matériel :

Duplo pour prof,
Lego pour élève.

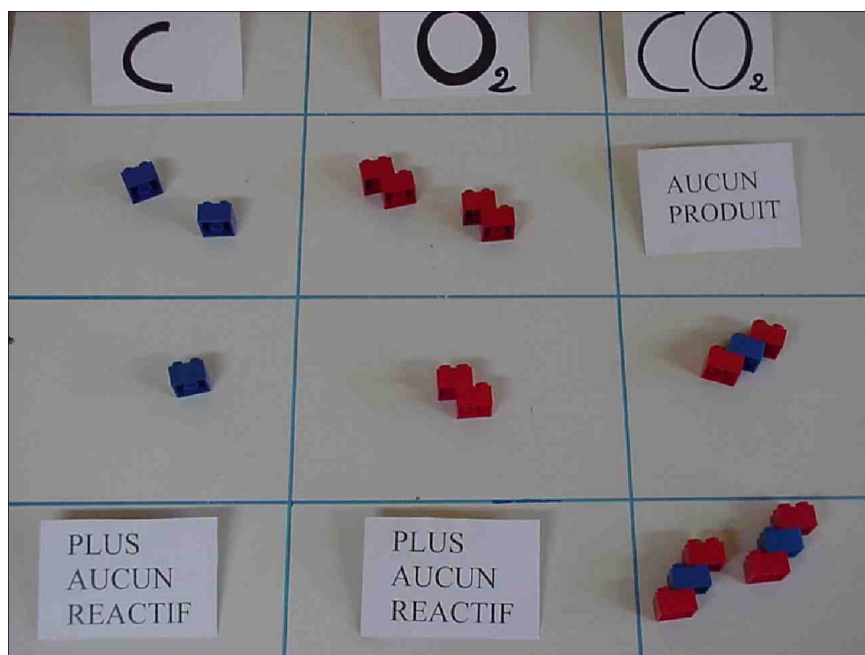
3°) Manipulations :

a) Exemple 1 : Les proportions stœchiométriques.

Légende :



Le professeur présente la réaction : $C + O_2 \longrightarrow CO_2$ avec les Duplo.



Il remplit le tableau n°1 avec la participation des élèves.

Tableau n°1

	Réactifs		Produit
	C	O ₂	CO ₂
Etat initial (mol)	2	2	0
Etats intermédiaires (mol)	1	1	1
Etat final (mol)	0	0	2

Légende :

- Travail élève
- Mise en commun
- Données

Le professeur distribue les légos.

Les élèves modélisent chaque état intermédiaire avec les légo et complètent le tableau n°2.

Tableau n°2

	Réactifs		Produit
	C	O ₂	CO ₂
Etat initial (mol)	4	4	0
Etats intermédiaires (mol)	3	3	1
	2	2	2
	1	1	3
Etat final (mol)	0	0	4

Légende :

- Travail élève
- Mise en commun
- Données

↳ Interprétation du tableau précédent :

On introduit la notion d'avancement en complétant le tableau n°3 :

Tableau n°3

	Réactifs		Produit	?
	C	O ₂	CO ₂	
Etat initial (mol)	4 - 0=4	4 - 0=4	0 + 0=0	0
Etats intermédiaires (mol)	4 - 1=3	4 - 1=3	0 + 1=1	1
	4 - 2=2	4 - 2=2	0 + 2=2	2
	4 - 3=1	4 - 3=1	0 + 3=3	3
Etat final (mol)	4 - 4=0	4 - 4=0	0 + 4=4	4

La colonne ? sera remplie en dernier par le professeur : **avancement x (mol)**.

b) Exemple 2 : Les proportions non stœchiométriques.

Même démarche avec des conditions initiales différentes :

Tableau n°4

	Réactifs		Produits
	C	O ₂	CO ₂
Etat initial (mol)	5	3	0
Etats intermédiaires (mol)	4	2	1
	3	1	2
Etat final (mol)	2	0	3

Légende :

- Travail élève
- Mise en commun
- Données

Tableau n°5

	Réactifs		Produit	Avancement (mol)
	C	O ₂	CO ₂	
Etat initial (mol)	5 - 0=5	3 - 0=3	0 + 0=0	0
Etats intermédiaires (mol)	5 - 1=4	3 - 1=2	0 + 1=1	1
	5 - 2=3	3 - 2=1	0 + 2=2	2
Etat final (mol)	5 - 3=2	3 - 3=0	0 + 3=3	3

c) Conclusion :

On amène la définition de l'avancement.

On insiste sur la différence entre proportions stœchiométriques et non stœchiométriques.

C- ETUDE QUANTITATIVE : ACTION DE L'ACIDE CHLORHYDRIQUE SUR LE MAGNESIUM

1°) Matériel et produits :

Liste du matériel	Liste des produits
<ul style="list-style-type: none">• ballon à fond plat de 250 mL.• burette graduée de 25 mL.• éprouvette de 100 mL.• tuyau flexible de 60 cm environ.• tube en verre coudé.• bouchon à deux trous.• têt à gaz en terre réfractaire.• agitateur magnétique + barreau aimanté	<ul style="list-style-type: none">• 76,3 mg de poudre de magnésium.• solution d'acide chlorhydrique à 1,0 mol.L⁻¹

2°) Montage expérimental :



Conseils pratiques :

- Insérer le tuyau dans l'éprouvette retournée sur la cuve à eau avant de le relier au ballon.
- Verser lentement la solution d'acide chlorhydrique mL par mL. Attendre la fin du dégagement gazeux avant chaque ajout.
- Au-delà de la stœchiométrie, verser lentement au plus 3 mL de solution d'acide chlorhydrique (sinon risque de dégagement dû à la surpression).

3°) Mesures :

Volume d'acide versé (mL)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Volume d'acide restant (mL)	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Volume de H ₂ dégagé (mL)	0	16	30	43	56	62	65	65	65	65

4°) Exploitation :

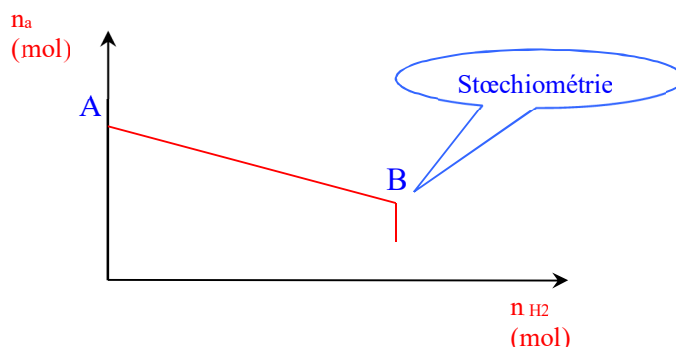
↳ Les élèves complètent le tableau suivant :

Quantité de matière d'acide restant (10 ⁻³ mol)	25,0	24,0	23,0	22,0	21,0	20,0	19,0	18,0	17,0	16,0
Quantité de matière de H ₂ (10 ⁻³ mol)	0,00	0,67	1,25	1,79	2,33	2,58	2,71	2,71	2,71	2,71

Volume molaire utilisé : $V_m = 24 \text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}$ (utiliser le volume molaire dans les conditions réelles de l'expérience).

↳ Les élèves tracent la courbe : quantité de matière d'acide restant : n_a en fonction de la quantité de matière de H_2 : n_{H_2} .

Quantité de matière d'acide restant en fonction de la quantité de matière de H_2



↳ Les élèves déterminent l'équation de la droite (AB) : $y = -2x + 0,025$.

↳ Ils remplissent ensuite le tableau suivant en calculant les quantités de matière de l'état initial en s'aidant de cette relation ainsi que de l'équation bilan:

Equation chimique	$1\text{Mg}_{(s)}$	+	$2\text{H}^+_{(aq)}$	\longrightarrow	$1\text{Mg}^{2+}_{(aq)}$	+	$1\text{H}_{2(g)}$
Etat initial (mol)	0,0031		0,025		0		0
Etat intermédiaire (mol)	$0,0031 - 1x$		$0,025 - 2x$		$1x$		$1x$

D- GENERALISATION DE LA NOTION D'AVANCEMENT :

Séance de travaux dirigées avec des réactions chimiques comportant des nombres stœchiométriques différents de 1, des réactifs dans les proportions stœchiométriques ou non.