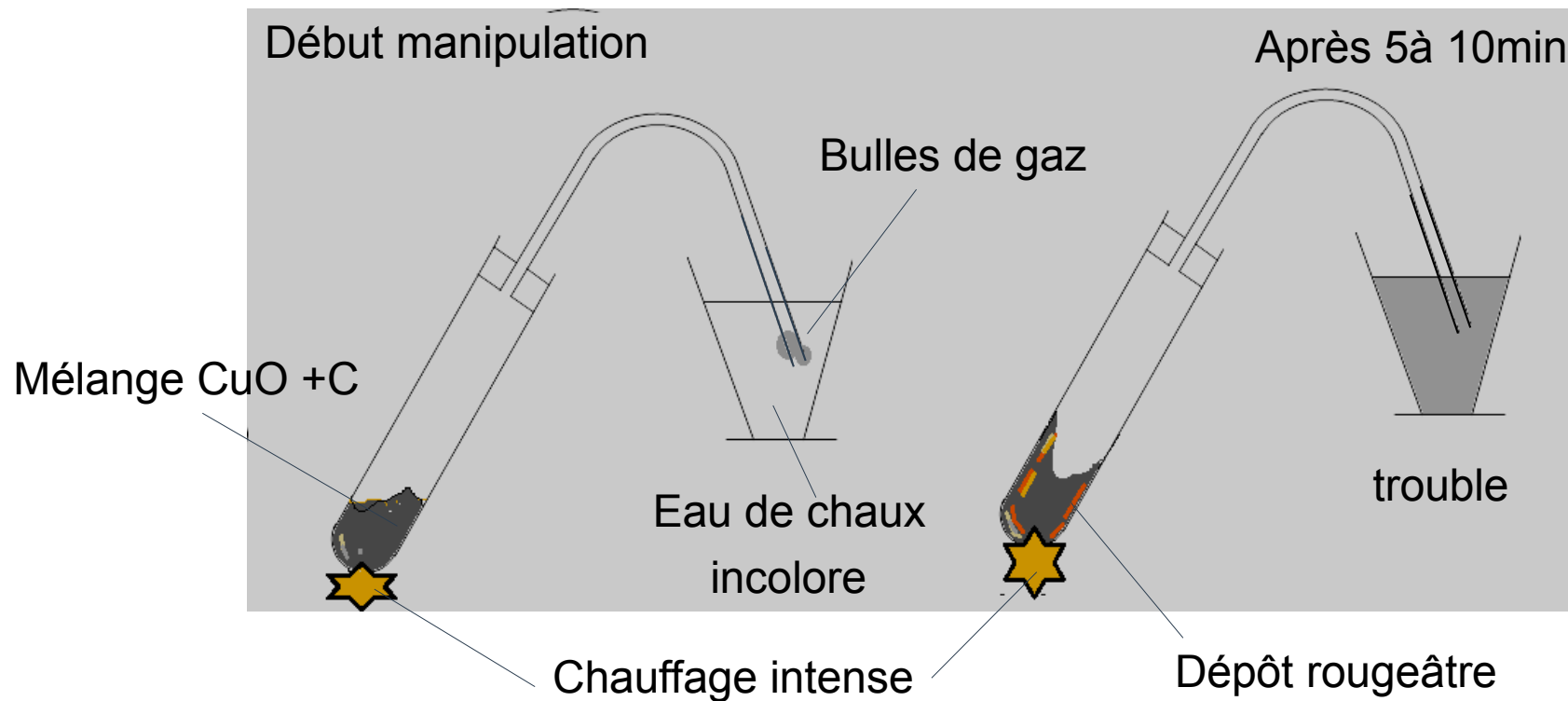
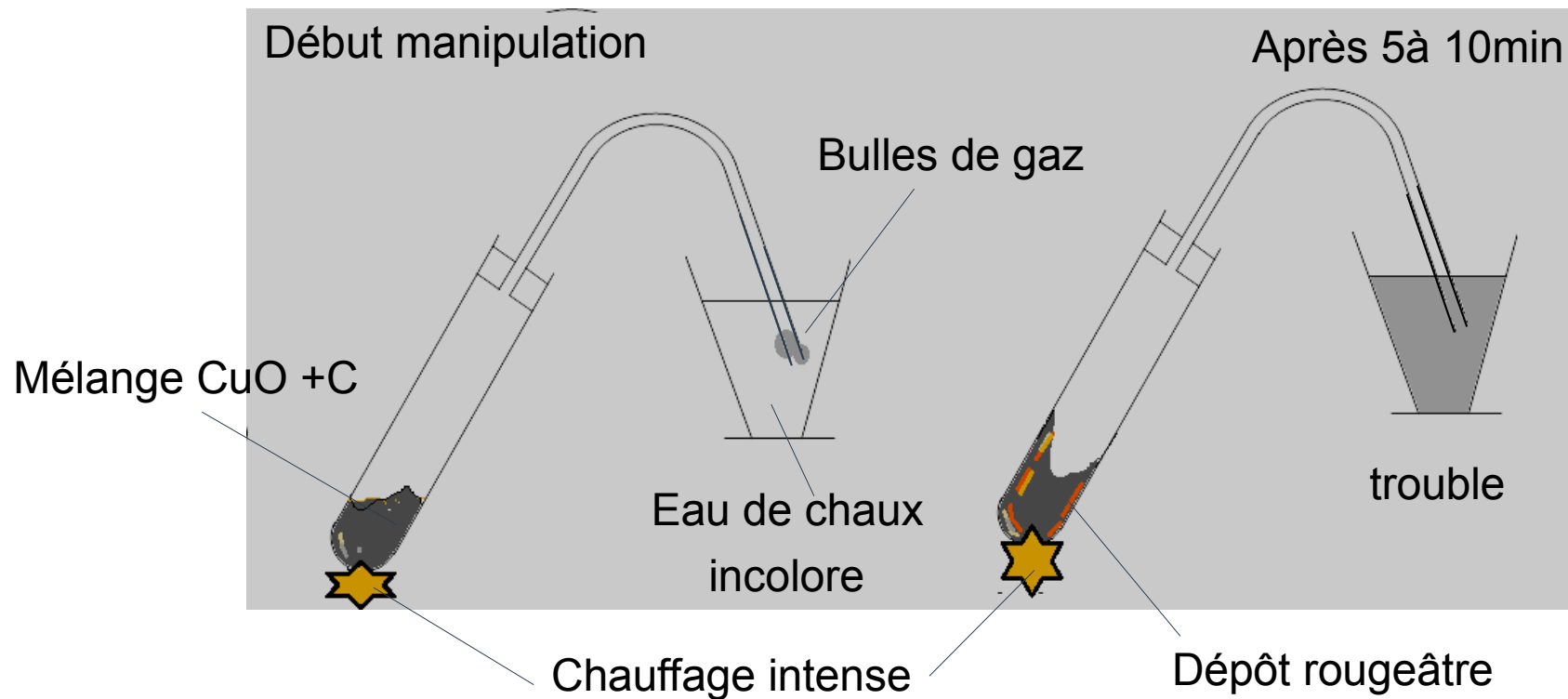


Tableau d'avancement d'une réaction chimique

Ce tableau est un outil qui permet d'établir le suivi d'une transformation chimique. Son usage est recommandé lors de l'étude de toute transformation et en particulier lors de l'étude des équilibres chimiques. Il est quand même conseillé d'acquérir la méthode dès la classe de seconde.





Le trouble de l'eau de chaux indique la formation du **dioxyde de carbone** et le dépôt rougeâtre sur le tube l'apparition du **cuivre** métal

La transformation proposée ici est totale, c'est à dire qu'elle se poursuivra jusqu'à disparition complète d'au moins un des réactifs.

Tracé du tableau (attention, dans le cas d'un équilibre chimique il faudra ajouter une ligne supplémentaire)

Equation bilan	CuO	+	C	→	CO ₂	+	Cu

L'écriture doit respecter la conservation de chaque élément !

Equation équilibrée

Equation
bilan



Equation bilan	avanct	nCuO (restant)	nC (restant)	nCO₂ (formé)	nCu(formé)
État initial	0				
Etat intermédiaire	x				
Etat final	Xmax				

Remarque:les symboles écrits en rouge en dessous de l'équation bilan facilitent la compréhension de la méthode mais ne sont pas forcément exigibles

Equation bilan		2CuO	+	C	→	CO ₂	+	2Cu
	avanct	nCuO (restant)		nC (restant)		nCO2 (formé)		nCu(formé)
État initial	0							
Etat intermédiaire	x							
Etat final	Xmax							

Définition de l'avancement x

Grandeur permettant de suivre l'évolution du système chimique depuis l'état initial (x=0) jusqu'à l'état final (x=xm). On peut donner la définition suivante de l'avancement.

$$x = \frac{n_{\text{CuO}}(\text{disp})}{2} = \frac{n_{\text{C}}(\text{disp})}{1} = \frac{n_{\text{CO}_2}(\text{formé})}{1} = \frac{n_{\text{Cu}}(\text{formé})}{2}$$

Comme on peut le voir, x a un instant donné dépend des qtés disparues de chaque réactif et des qtés formées de chaque produit tout en tenant compte du coefficient stoechiométrique de chacun.

L'unité d'avancement est donc : la mole

Equation bilan		2CuO	+	C	→	CO ₂	+	2Cu
	avanct	nCuO (restant)		nC (restant)		nCO2 (formé)		nCu(formé)
État initial	0	0,020 (1)		0,050 (2)		0		0
Etat intermédiaire	x							
Etat final	Xmax							

(1) et (2) : valeurs établies **en moles** à partir de calculs que nous ne développerons pas ici

Etat intermédiaire ($0 < x < x_{max}$)

Equation bilan		2CuO	+	C	→	CO ₂	+	2Cu
	avanct	nCuO (restant)		nC (restant)		nCO2 (formé)		nCu(formé)
État initial	0	0,020		0,050		0		0
Etat intermédiaire	x							
Etat final	Xmax							

$$x = \frac{n_{\text{CuO}}(\text{disp})}{2} = \frac{n_{\text{C}}(\text{disp})}{1} = \frac{n_{\text{CO}_2}(\text{formé})}{1} = \frac{n_{\text{Cu}}(\text{formé})}{2}$$

Equation bilan		2CuO	+	C	→	CO ₂	+	2Cu
	avanct	nCuO (restant)		nC (restant)		nCO2 (formé)		nCu(formé)
État initial	0	0,020		0,050		0		0
<u>Etat intermédiaire</u>	x							
Etat final	Xmax							

Quantités restantes de réactifs dans l'état intermédiaire :

$$n_{\text{CuO}}(\text{restant}) = n_{\text{CuO}}(\text{initial}) - n_{\text{CuO}}(\text{disparu}) = 0,020 - 2.x$$

$$n_{\text{C}}(\text{restant}) = n_{\text{C}}(\text{initial}) - n_{\text{C}}(\text{disparu}) = 0,050 - x$$

Quantités de produits formés correspondantes :

$$n_{\text{CO}_2}(\text{formé}) = x$$

$$n_{\text{Cu}}(\text{formé}) = 2.x$$

Equation bilan		2CuO	+	C	\rightarrow	CO_2	+	2Cu
	avanct	n_{CuO} (restant)		n_{C} (restant)		n_{CO_2} (formé)		n_{Cu} (formé)
État initial	0	0,020		0,050		0		0
Etat intermédiaire	x	0,020-2x		0,050-x		x		2x
Etat final	Xmax							

Quantités restantes de réactifs dans un état intermédiaire :

$$n_{\text{CuO}} (\text{restant}) = n_{\text{CuO}} (\text{initial}) - n_{\text{CuO}} (\text{disparu}) = \mathbf{0,020 - 2.x}$$

$$n_{\text{C}} (\text{restant}) = n_{\text{C}} (\text{initial}) - n_{\text{C}} (\text{disparu}) = \mathbf{0,050 - x}$$

Quantités de produits formés correspondantes :

$$n_{\text{CO}_2} (\text{formé}) = \mathbf{x}$$

$$n_{\text{Cu}} (\text{formé}) = \mathbf{2.x}$$

Equation bilan		2CuO	+	C	→	CO ₂	+	2Cu
	avanct	nCuO (restant)		nC (restant)		nCO2 (formé)		nCu(formé)
État initial	0	0,020		0,050		0		0
Etat intermédiaire	x	0,020-2x		0,050-x		x		2x
Etat final	Xmax							

Détermination de l'avancement maximum x_m

L'avancement maximum sera atteint lorsque l'un des 2 réactifs (le réactif limitant) sera entièrement consommé. Sa quantité restante de réactif sera alors nulle.

Equation bilan		2CuO	+	C	→	CO ₂	+	2Cu
	avanct	nCuO (restant)		nC (restant)		nCO2 (formé)		nCu(formé)
État initial	0	0,020		0,050		0		0
Etat intermédiaire	x	0,020-2x		0,050-x		x		2x
Etat final	Xmax							

Détermination de x_m

L'avancement maximum sera atteint lorsque l'un des 2 réactifs (le réactif limitant) sera entièrement consommé. Sa quantité restante de réactif sera alors nulle.

Annulons les quantités restantes des 2 réactifs :

Soit : $0,020 - 2x_m = 0$ alors $x_m = 0,010 \text{ mol}$, soit : $0,050 - x_m = 0$ alors $x_m = 0,050 \text{ mol}$

La réaction s'arrêtera lorsque x aura atteint la plus petite des 2 valeurs de x_m ,
soit pour $x = x_m = 0,010 \text{ mol}$

Equation bilan		2CuO	+	C	→	CO ₂	+	2Cu
	avanct	nCuO (restant)		nC (restant)		nCO2 (formé)		nCu(formé)
État initial	0	0,020		0,050		0		0
Etat intermédiaire	x	0,020-2x		0,050-x		x		2x
Etat final	Xmax = 0,01							

On a alors $n_{\text{CuO}}(\text{restant}) = 0$ réactif en défaut , $n_{\text{C}}(\text{restant}) = 0,050 - 0,010 = 0,04\text{mol}$ (r en excés)
 $n_{\text{CO}_2}(\text{formé}) = 0,010\text{mol}$, $n_{\text{Cu}}(\text{formé}) = 0,020\text{mol}$

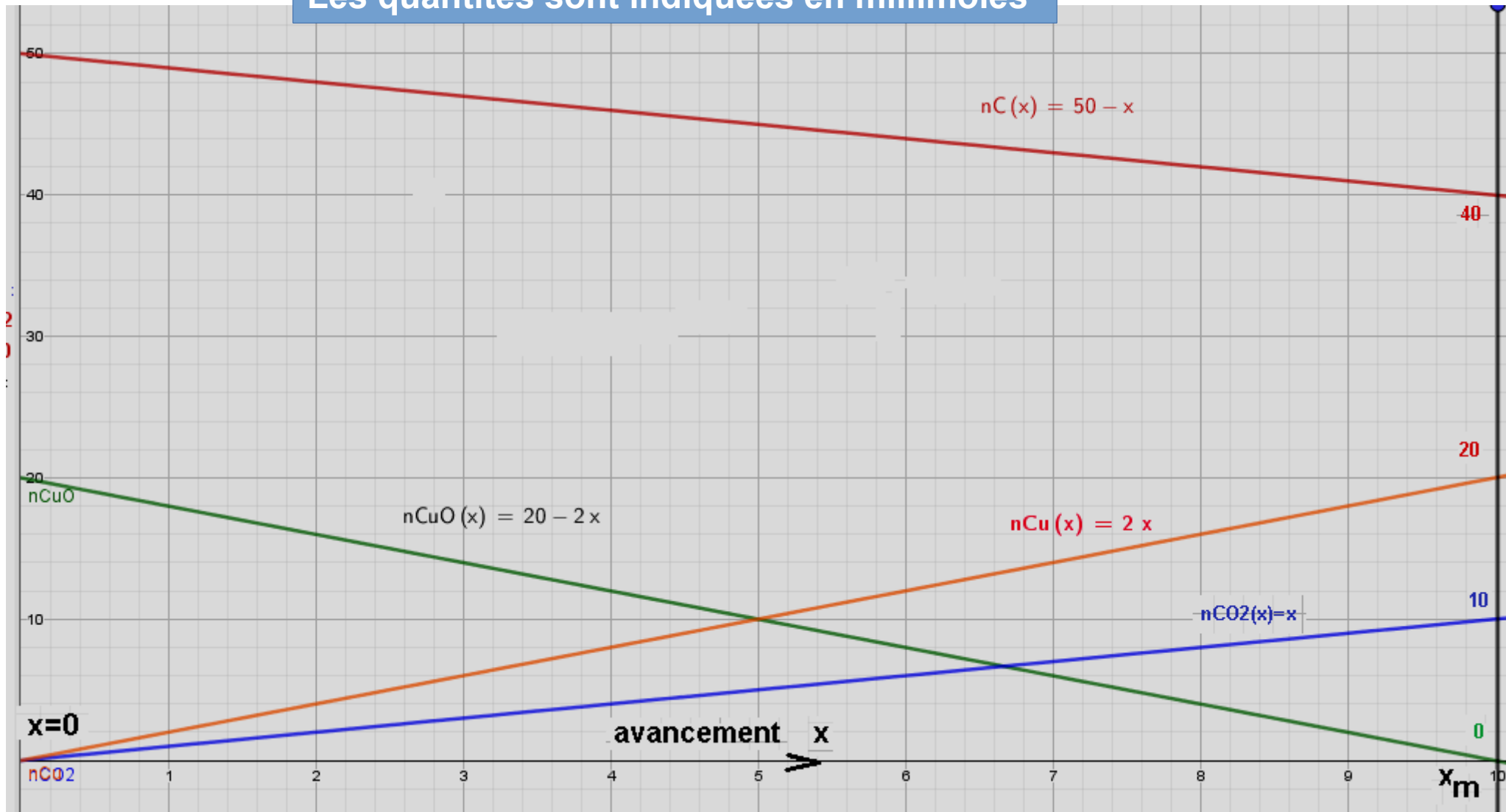
Equation bilan	avanct	nCuO (restant)	nC (restant)	nCO₂ (formé)	nCu(formé)
État initial	0	0,020	0,050	0	0
Etat intermédiaire	x	0,020-2x	0,050-x	x	2x
Etat final	Xmax = 0,01	0	0,040	0,010	0,020

On a alors $n_{\text{CuO}}(\text{restant}) = 0$ réactif en défaut , $n_{\text{C}}(\text{restant}) = 0,050 - 0,010 = 0,04\text{mol}$ (r en excés)
 $n_{\text{CO}_2}(\text{formé}) = 0,010\text{mol}$, $n_{\text{Cu}}(\text{formé}) = 0,020\text{mol}$

La quantité de carbone en excès est importante et elle sera probablement perdue

Évolution des quantités en fonction de l'avancement (exploitation graphique du tableau)

Les quantités sont indiquées en millimoles



Considérons maintenant un autre état initial

Equation bilan		2CuO	+	C	→	CO ₂	+	2Cu
	avanct	nCuO (restant)		nC (restant)		nCO2 (formé)		nCu(formé)
État initial	0	<u>0,040 mol</u>		<u>0,020 mol</u>		0		0
Etat intermédiaire	x							
Etat final	Xmax							

Equation bilan	2CuO	+	C	\rightarrow	CO_2	+	2Cu
	avanct	$n\text{CuO}$ (restant)	$n\text{C}$ (restant)		$n\text{CO}_2$ (formé)		$n\text{Cu}$ (formé)
État initial	0	0,040	0,020		0		0
Etat intermédiaire	x	$0,040-2x$	$0,020-x$		x		$2x$
Etat final	Xmax						

Etat final $x = x_m$

Equation bilan		2CuO	+	C	→	CO ₂	+	2Cu
	avanct	nCuO (restant)		nC (restant)		nCO2 (formé)		nCu(formé)
État initial	0	0,040		0,020		0		0
Etat intermédiaire	x	0,040-2x		0,020-x		x		2x
Etat final	Xmax							

Annulons les quantités restantes des 2 réactifs :

Soit : $0,040 - 2x_m = 0$ alors $x_m = 0,020 \text{ mol}$, soit : $0,020 - x_m = 0$ alors $x_m = 0,020 \text{ mol}$

Les deux équations ont la même racine: $X_{\text{max}} = 0,020 \text{ mol}$

Equation bilan		2CuO	+	C	\rightarrow	CO_2	+	2Cu
	avanct	n_{CuO} (restant)		n_{C} (restant)		n_{CO_2} (formé)		n_{Cu} (formé)
État initial	0	0,040		0,020		0		0
Etat intermédiaire	x	$0,040-2x$		$0,020-x$		x		$2x$
Etat final	$X_{\text{max}}=0,02$	0		0		0,020		0,040

Annulons les quantités restantes des 2 réactifs :

Soit : **$0,040-2x_m=0$** alors **$x_m=0,020\text{mol}$** , soit : **$0,020-x_m=0$** alors **$x_m=0,020\text{mol}$**

n_{CuO} (restant) = 0 et n_{C} (restant)= 0 les 2 réactifs ont complètement disparu

n_{CO_2} (formé)=0,020mol , n_{Cu} (formé)=0,040mol

Etat final $x = x_m$

Equation bilan		2CuO	+	C	→	CO ₂	+	2Cu
	avanct	nCuO (restant)		nC (restant)		nCO2 (formé)		nCu(formé)
État initial	0	0,040		0,020		0		0
Etat intermédiaire	x	0,040-2x		0,020-x		x		2x
Etat final	Xmax = 0,02	0		0		0,020		0,040

Annulons les quantités restantes des 2 réactifs :

Soit : $0,040 - 2x_m = 0$ alors $x_m = 0,020 \text{ mol}$, soit : $0,020 - x_m = 0$ alors $x_m = 0,020 \text{ mol}$

$n_{\text{CuO}}(\text{restant}) = 0$ et $n_{\text{C}}(\text{restant}) = 0$ les 2 réactifs ont complètement disparu

$n_{\text{CO}_2}(\text{formé}) = 0,020 \text{ mol}$, $n_{\text{Cu}}(\text{formé}) = 0,040 \text{ mol}$

Equation bilan		2CuO	+	C	→	CO ₂	+	2Cu
	avanct	nCuO (restant)		nC (restant)		nCO2 (formé)		nCu(formé)
État initial	0	0,040		0,020		0		0
Etat intermédiaire	x	0,040-2x		0,020-x		x		2x
Etat final	Xmax = 0,02	0		0		0,020		0,040

Annulons les quantités restantes des 2 réactifs :

Soit : $0,040 - 2x_m = 0$ alors $x_m = 0,020 \text{ mol}$, soit : $0,020 - x_m = 0$ alors $x_m = 0,020 \text{ mol}$

$n_{\text{CuO}}(\text{restant}) = 0$ et $n_{\text{C}}(\text{restant}) = 0$ les 2 réactifs ont complètement disparus

$n_{\text{CO}_2}(\text{formé}) = 0,020 \text{ mol}$, $n_{\text{Cu}}(\text{formé}) = 0,040 \text{ mol}$

Tous les réactifs ont disparu , on évite ainsi le gaspillage !

Les quantités sont indiquées en millimoles

