

Résolutions de problèmes scientifiques en classe : aucun problème ?!

David LAFARGE

Université Paul Sabatier – Toulouse 3 – IUT 'A' / Mesures Physiques

Laboratoire ACTé (EA 4281) – Clermont Université (63)

david.lafarge.pro@gmail.com



Journée Académique
14 juin 2016 – Les Ancizes



Qu'est-ce qu'un problème ?

Masse de diazote atmosphérique

CAPES 2013 - Epreuve de chimie

Evaluer l'ordre de grandeur de la masse de diazote contenue dans l'atmosphère terrestre.

Valeur de la pression atmosphérique ?

Température moyenne ?

Composition de l'air ?

Rayon de la Terre ?

Hauteur de l'atmosphère ?



Equilibre mécanique d'une colonne d'air

Loi des gaz parfaits

Problème et résolution

Un problème est une tâche pour laquelle on ne voit pas immédiatement ce qu'il faut faire.

POLYA G. (1965)

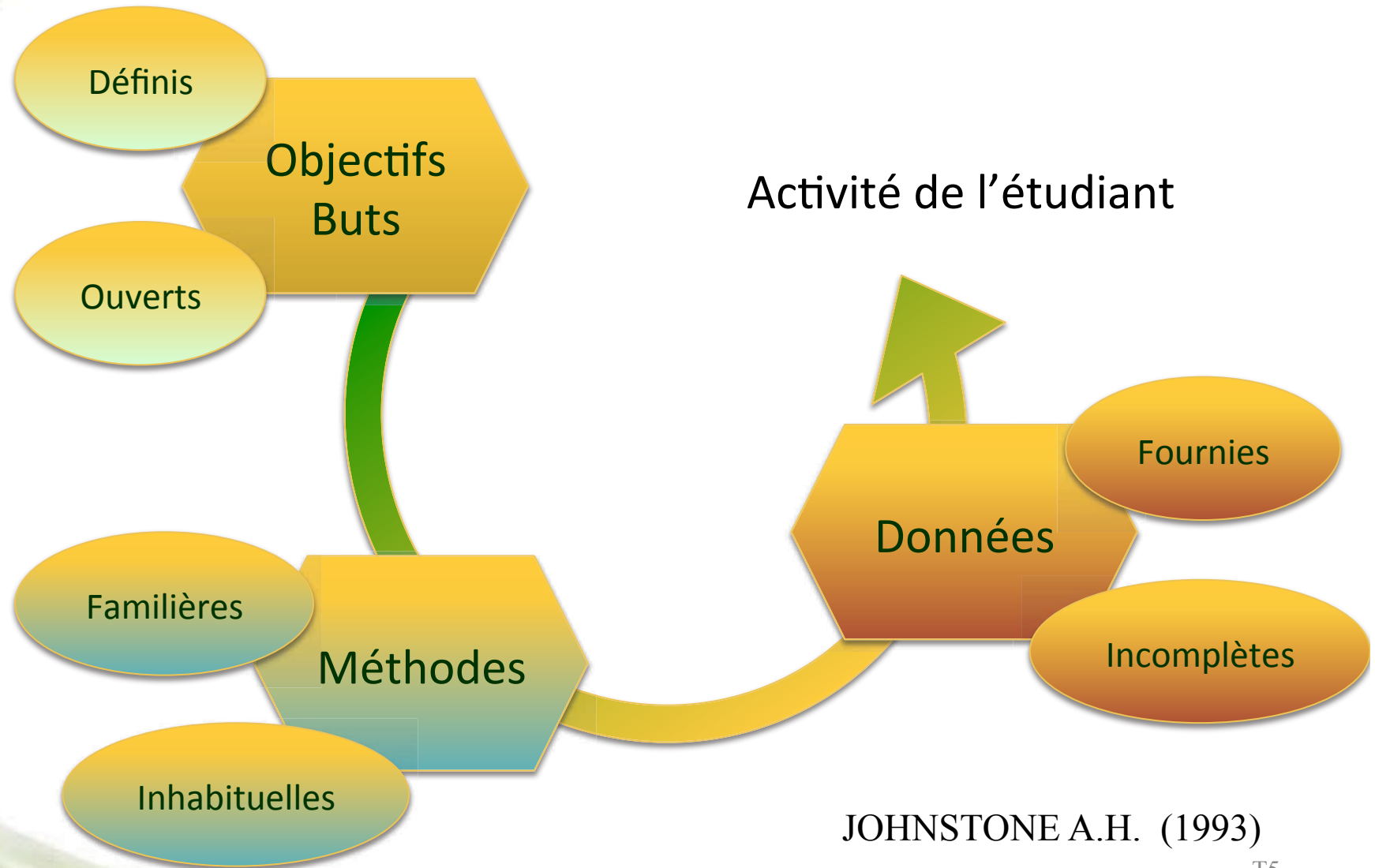
Comprendre
le problème

Concevoir un
plan (stratégie)

Exécuter le plan

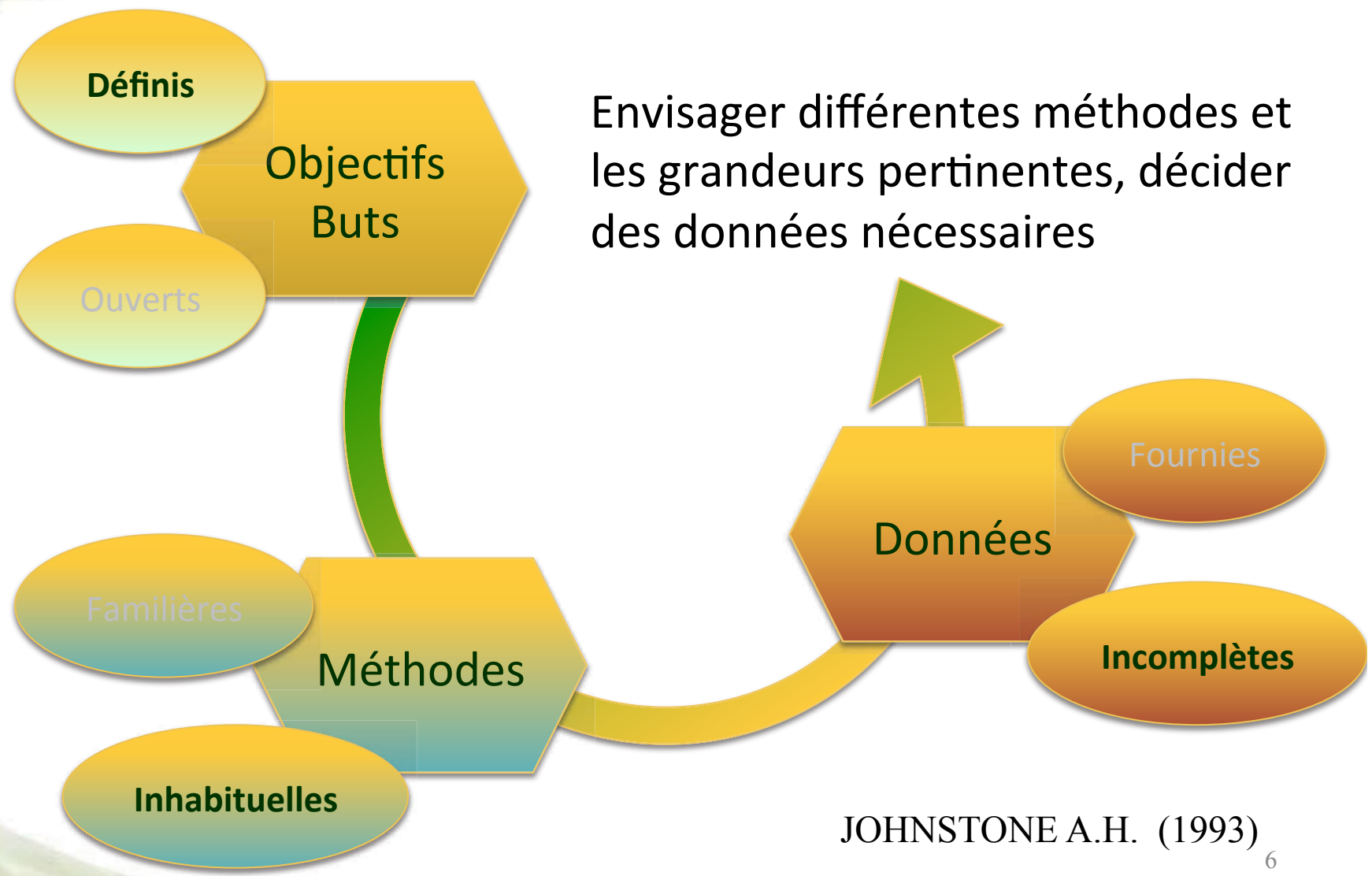
Examiner la
solution obtenue

Diversité des problèmes



JOHNSTONE A.H. (1993)

Masse de diazote atmosphérique



JOHNSTONE A.H. (1993)

Exercice traditionnel

Classe de 2nde GT

La caféine est un alcaloïde présent dans le café et le thé. Sa formule brute est $C_8H_{10}N_4O_2$. Lorsque le café est dit fort, il contient $6,55 \cdot 10^{-3}$ moles de caféine par litre de café.

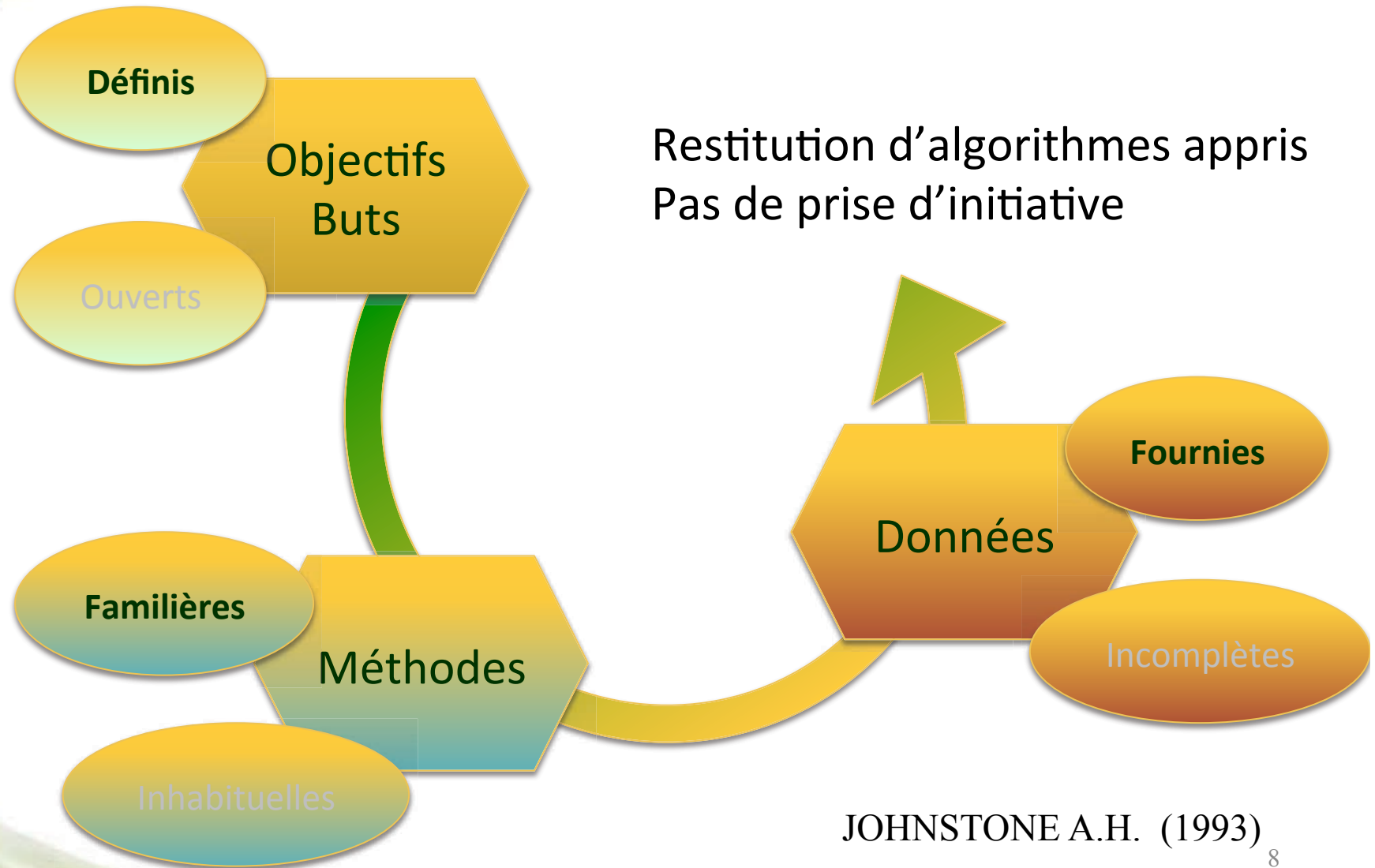
1. Calculer la masse de caféine dans 1 L de café fort.
2. Calculer le nombre de molécules de caféine dans une tasse de 150 mL de café fort.

Données :

Masses molaires (g/mol) : H : 1,00 ; C : 12,0 ; N : 14,0 ; O : 16,0

Nombre d'Avogadro $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Exercice traditionnel



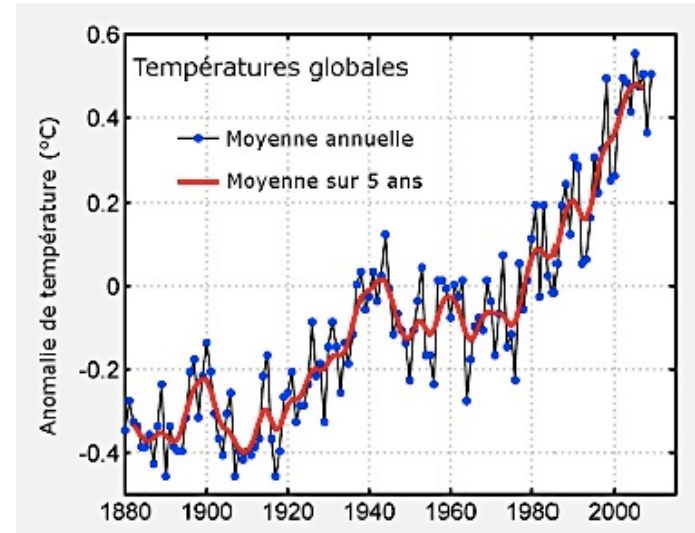
Disparition des Tuvalu

Terminale S – Spécialité

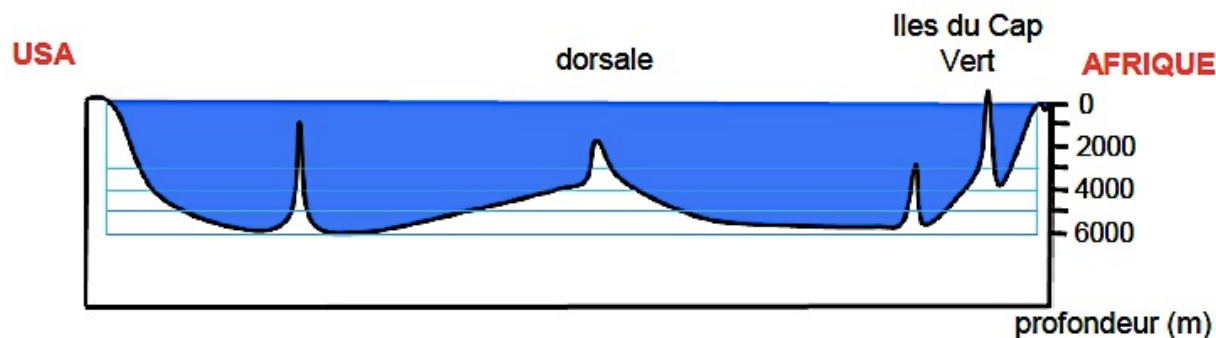


Depuis quelques années, une menace plane sur les Tuvalu. Cet archipel, situé au centre du Pacifique, est tout simplement menacé de disparition. Une association française, Alofa Tuvalu, créée en 2005, tente de sensibiliser la communauté internationale.

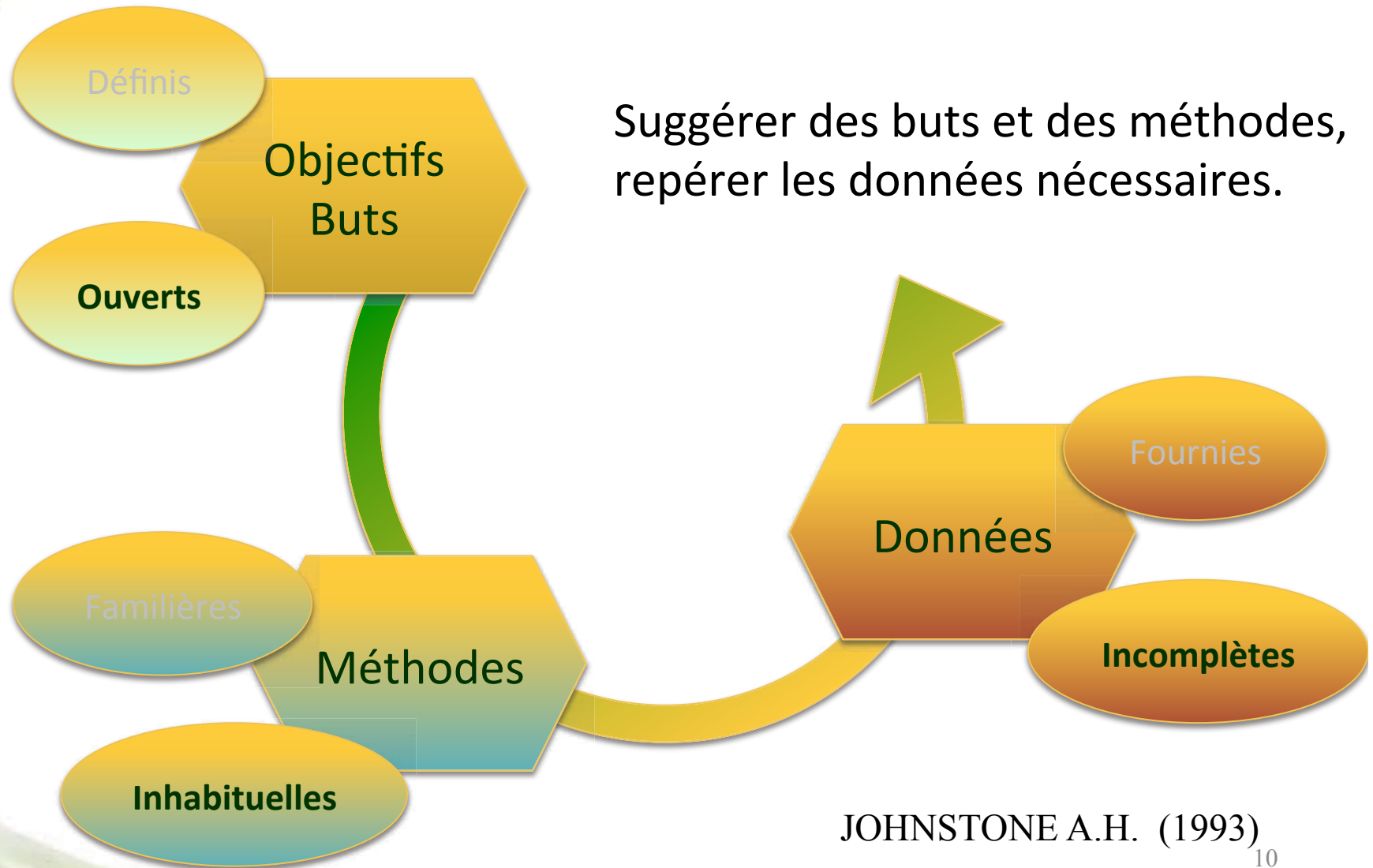
Aider cette association à rallier le plus grand nombre à la cause des Tuvaluans.




Température en °C	Volume de 1 kg d'eau en m ³
10	1,00035.10 ⁻³
11	1,00045.10 ⁻³
12	1,00056.10 ⁻³
13	1,00068.10 ⁻³
14	1,00085.10 ⁻³
15	1,00095.10 ⁻³
16	1,00110.10 ⁻³
17	1,00126.10 ⁻³
18	1,00144.10 ⁻³
19	1,00164.10 ⁻³
20	1,00184.10 ⁻³



Disparition des Tuvalu



JOHNSTONE A.H. (1993)



Pourquoi la résolution de problèmes ?

Intérêts

Elève -
Etudiant

Travaille autrement
Raisonne à sa façon
Est valorisé quand il réussit
Se trompe pour progresser

« I have not failed. I've just found
10,000 ways that don't work »

Thomas A. Edison



Intérêts

Elève -
Etudiant

Travaille autrement
Raisonne à sa façon
Est valorisé quand il réussit
Se trompe pour progresser

Enjeux

OCDE (PISA) : résolution de problèmes
Compétences / situations complexes
Nature des sciences et techniques



« Avant tout, il faut savoir poser des problèmes. Et quoi qu'on dise, dans la vie scientifique, les problèmes ne se posent pas d'eux-mêmes. C'est précisément ce sens du problème qui donne la marque du véritable esprit scientifique. Pour un esprit scientifique, toute connaissance est une réponse à une question. S'il n'y a pas eu de question, il ne peut y avoir connaissance scientifique. Rien ne va de soi. Rien n'est donné. Tout est construit. »

Gaston Bachelard

Intérêts

**Elève -
Etudiant**

**Travaille autrement
Raisonne à sa façon
Est valorisé quand il réussit
Se trompe pour progresser**

Enjeux

**OCDE (PISA) : résolution de problèmes
Compétences / situations complexes
Nature des sciences et techniques**



Programmes d'enseignement

Enseignant

**Posture d'accompagnateur
Observation des étudiants en activité
Différenciation possible
Dynamiser les séances**



Comment faire en séance ?

Conseils de collègues

Trouver un **thème** qui s'y prête, avec lequel on est à l'aise...
(*idées : Griesp, sites académiques, Olympiades...*)

Avoir un **nombre raisonnable** de documents bien choisis
et **variés** (petit texte, graphique, schéma, protocole...).

Adapter le **nombre
d'étapes de calculs**



Eventuellement, une question
préliminaire pour rassurer certains
élèves... (*et le professeur ?*)

Bonus / malus écologique

1^{ère} S / 1^{ère} STI2D

On s'intéresse à une nouvelle voiture qui disposera d'un moteur essence sans plomb et consommant en moyenne 5,3 L / 100 km.

Déterminer le bonus ou le malus écologique que recevra cette voiture lors de sa sortie.



Document 1. Les carburants

Les carburants usuels n'ont pas une composition définie. Ce sont des mélanges d'hydrocarbures qui varient avec l'origine géographique du pétrole utilisé et les procédés de raffinage appliqués. Pour déterminer les propriétés énergétiques de ces carburants on les modélise par un « hydrocarbure moyen » : l'octane C_8H_{18} pour l'essence et le dodécane $C_{12}H_{26}$ pour le gazole. La densité de l'essence est en général comprise entre 0,68 et 0,79, celle du gazole est comprise entre 0,82 et 0,86.

Taux de CO ₂ g / km	Bonus / malus (euros)
0 à 20 (électriques)	6 300 (dans la limite de 27% du coût d'acquisition)
21 à 60 (hybrides rechargeables)	1000
61 à 110 (hybrides)	750
61 à 130	0
131 à 135	150
136 à 140	250
141 à 145	500
146 à 150	900
151 à 155	1600
156 à 175	2200
176 à 180	3000
181 à 185	3600
186 à 190	4000
191 à 200	6500
à partir de 201	8000

Document 2. Bonus/malus écologique (janvier 2016)

Conseils de collègues

Si blocage au début : leur ré-expliquer la **démarche**, comment gérer les documents, pas de réponse immédiate (*persévérance*)

Les inciter à **analyser chaque document**, en profondeur...

En faire régulièrement
(sans attendre la TS)

Ne pas les décourager au début, mais les **encourager** dès qu'ils franchissent une étape

On ne donne **pas la réponse !** (*deuil*)

Les faire passer **par l'écrit (brouillon)**



Bonus / malus écologique

1^{ère} S / 1^{ère} STI2D

On s'intéresse à une nouvelle voiture qui disposera d'un moteur essence sans plomb et consommant en moyenne 5,3 L / 100 km.

Déterminer le bonus ou le malus écologique que recevra cette voiture lors de sa sortie.



Document 1. les carburants

Les carburants usuels n'ont pas une composition définie. Ce sont des mélanges d'hydrocarbures qui varient avec l'origine géographique du pétrole utilisé et les procédés de raffinage appliqués. Pour déterminer les propriétés énergétiques de ces carburants on les modélise par un « hydrocarbure moyen » : l'octane C_8H_{18} pour l'essence et le dodécane $C_{12}H_{26}$ pour le gazole. La densité de l'essence est en général comprise entre 0,68 et 0,79, celle du gazole est comprise entre 0,82 et 0,86.

Taux de CO ₂ g / km	Bonus / malus (euros)
0 à 20 (électriques)	6 300 (dans la limite de 27% du coût d'acquisition)
21 à 60 (hybrides rechargeables)	1000
61 à 110 (hybrides)	750
61 à 130	0
131 à 135	150
136 à 140	250
141 à 145	500
146 à 150	900
151 à 155	1600
156 à 175	2200
176 à 180	3000
181 à 185	3600
186 à 190	4000
191 à 200	6500
à partir de 201	8000

Document 2. Bonus/malus écologique (janvier 2016)

Bonus / malus écologique



D'où provient l'émission de CO_2 ?

Quels sont les liens entre chaque document et la problématique ?



A quelles données a-t-on accès ? Les souligner

Quelles sont les grandeurs physiques pertinentes pour répondre à la question posée ?

Comment faire le lien entre les grandeurs (avec leurs unités) ?

Quelle hypothèse faites-vous concernant la combustion de l'essence ?

Quelle est la relation entre la masse de CO_2 produit par la combustion et le volume d'essence consommé ?

Résolution de problème en TD



COURTY J.-M.. (2014)

- Depuis 2008 : module « énergie » L1
 - 10 cours 1h30 + 10 TD 1h30
 - Bilans, Hydrostatique, Energie en mécanique, Thermodynamique
- **Résolution de problème durant les TD**
 - Travail par groupe de 4 (effectif 20 étudiants) : 1h
 - Restitution par un groupe / échanges : 30 min
 - Rédaction d'un corrigé par le groupe ayant présenté
 - Validation par l'enseignant et mise en ligne sur l'ENT
- **Exercices traditionnels : travail personnel individuel**

Un exemple en TP : extraction / dosages

Collectif

Groupes

Seul



Tâche 0

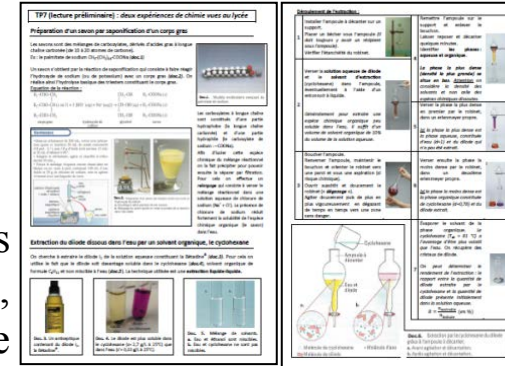
Chez soi, lire le document.



Tâche 1

5 min

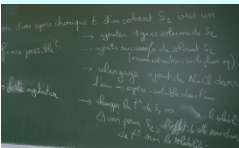
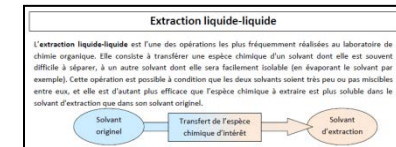
A partir du document que vous deviez lire pour aujourd'hui, proposer une définition de l'extraction liquide-liquide.



Tâche 2

15 min
15 min

Comment rendre l'extraction la plus efficace possible pour un solvant d'extraction donné ?

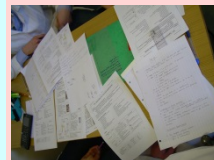


Tâche 3

40 min
30 min
10 min

Proposer un protocole expérimental succinct afin de :

- comparer le rendement d'une extraction avec un grand volume V de solvant et le rendement global de 2 extractions successives avec des volumes V/2 de solvant
- vérifier que l'ajout de NaCl à la phase aqueuse améliore le rendement de l'extraction



TP7 : Optimisation de l'extraction liquide-liquide

Consigne 1 :
Proposer un protocole expérimental succinct afin de :

- comparer le rendement d'une extraction avec un grand volume V de solvant et le rendement global de deux extractions successives avec des volumes V/2 de solvant
- vérifier que l'ajout de chlorure de sodium à la phase aqueuse améliore le rendement de l'extraction.

Seuls les matériels et produits de la liste fournie peuvent être utilisés.
L'essentiel du protocole doit tenir sur un seul transparent.
Travail par 4, sur transparent qui sera présenté à tout le groupe.

Liste de matériels et de produits :

- 1 ampoule à décanter 250 mL et son bouchon
- 1 entonnoir à liquide
- 1 éprouvette de 100 mL
- 1 éprouvette de 10 mL
- 1 seringue 100 mL
- 1 erlenmeyer 250 mL
- 1 burette de 50 mL
- 1 pipette d'eau distillée
- 1 agitateur magnétique et son barreau aimanté
- Deux béchers de différentes capacités
- 1 verre de montre
- 1 spatule
- 300 mL de solution d'hydroxyde de sodium à 0,500 mol/L (potassique)
- 40 mL de dichlorométhane
- Eau distillée
- 400 mL d'une solution aqueuse d'acide benzoïque d'une concentration C = 2,2 g/L
- Indicateurs colorés : phthaléine, BBT, indanthrone
- 10 g de chlorure de sodium solide

Données :

Espèce chimique pure	Formule	Données	Risque chimique
Acide benzoïque	<chem>c1ccccc1C(=O)O</chem>	Masse molaire M = 122 g mol ⁻¹ pK _a (C ₆ H ₅ COOH/C ₆ H ₅ COO ⁻) = 4,2 Solubilité dans l'eau (20°C) : 2,9 g L ⁻¹ Très soluble dans le dichlorométhane. Température de fusion T _m = 122 °C	H302 Nocif en cas d'ingestion H311 Préoccupant aux très basses concentrations
Dichlorométhane	CH ₂ Cl ₂	Densité d = 1,33 Liquide non miscible à l'eau Température d'ébullition : 40°C	H311 Nocif en cas d'ingestion
Hydroxyde de sodium	NaOH	Base forte Solubilité dans l'eau (20°C) : 1090 g L ⁻¹ Température de fusion : 318°C	H314 Corrrosif H314 Corrrosif H314 Corrrosif

22

Indicateurs colorés	Zone de virage	Couleur
Phthaléine	8,2-10,0	Rouge
Bleu de bromothymol (BBT)	6,0-7,6	Bleu
Indanthrone	9,2-4,4	Jaune

Un exemple en TP : extraction / dosages

Collectif

Groupes

Seul

Prépa' Intégrée

Ben / Adam	55	55
Beno / Benjamin	48	48
Clément	57	57
Diego	55	55
Edouard	56	56
Ela / Maxime	60	
Ema / Isaac	62	62
Emil / Thomas	59	59
Max / Arthur	63	63



Tâches
4, 5, 6

2h

TP de Chimie Générale - CP014 - 2015-2016 - A. PROTAZ et D. LAFITE

TP 7 : optimisation de l'extraction liquide-liquide

Préparatoire

Vérifier le titre de disponibilité et de pureté des réactifs. La concentration précise $C_{0,org}$ de la soude sera donnée en fin de TP. Le solvant et le coloré seront appelés A et B.

I. Organisation

Matériel (10) :

- Erlenmeyer de 100 mL et de 250 mL
- Flacon à bouchon biphase de 100 mL
- Erlenmeyer de 100 mL et de 250 mL
- Flacon à bouchon biphase de 100 mL

II. Extractions

- 1. Avec 10 mL de dichlorométhane**
 - Mélanger dans un bécher A par 10 mL de dichlorométhane.
 - Décanter et récupérer également V_1 des deux phases dans des erlenmeyers adaptés.
 - Vérifier classés les deux phases obtenues correspondant au paragraphes II.
- 2. Avec 2 x 5 mL de dichlorométhane**
 - Mélanger 100 mL de soude A par 10 mL de dichlorométhane.
 - Décanter et récupérer le phase organique V_2 dans un erlenmeyer adapté.
 - Mélanger le phase aqueuse restante avec 5 mL de dichlorométhane.
 - Décanter et récupérer cette seconde phase organique V_2' dans l'ermeyer adapté.
 - Rassembler le phase aqueuse dans un erlenmeyer approprié.
 - Vérifier classés les deux phases obtenues correspondant au paragraphes II.
- 3. Avec 10 mL de dichlorométhane et de chlorure de calcium (CaCl₂)**
 - Mélanger dans un bécher avec égaler 100 mL de la soude A, 10 g de chlorure de calcium et 10 mL de dichlorométhane.
 - Décanter et récupérer également V_3 des deux phases dans des erlenmeyers adaptés.
 - Vérifier classés les deux phases obtenues correspondant au paragraphes II.

III. Tirages de la phase aqueuse et de la phase organique

Réaliser et étiqueter le tirage de la phase aqueuse (indiquant avec précision la dilution) et en déduire le volume équivalent obtenu pour le tirage de la phase organique. Puis réaliser le dosage de la phase organique.

- 1. Détermination de la quantité n_1 d'acide benzoïque (phase aqueuse)**
Titrer la solution V_1 de la phase aqueuse recueillie, en présence d'indicateur coloré, à l'aide de soude de concentration C_{NaOH} . On appelle V_1 le volume versé à l'équivalence.
- 2. Détermination de la quantité n_2 d'acide benzoïque (phase organique)**
Titrer la solution V_2 de la phase organique recueillie, en présence d'indicateur coloré, à l'aide de soude de concentration C_{NaOH} . On appelle V_2 le volume versé à l'équivalence. L'acétone est ajoutée lorsque le tirage de l'indicateur est en permanence à l'indicateur afin d'éviter le pontage et de rendre plus visible le changement de couleur.

IV. Exploitation

- Rédiger le compte-rendu.
- Déterminer le rendement d'extraction dans chaque cas et le mettre en commun avec les résultats des autres binômes. Comment?
- Considérer l'efficacité de l'extraction η de l'acide benzoïque entre l'eau et le dichlorométhane.

(3) Si la solution initiale des deux phases coloré diffuse à l'indicateur, il suffit alors pour la suite d'ajouter un peu d'acétone avant de verser dans la phase organique et non pas l'indicateur. (Pourquoi ?)

(4) Si le tirage se fait à l'aide de la phase aqueuse, elle est plus épaisse, elle est plus colorée et l'indicateur est plus difficile à voir. Le tirage de la phase organique est plus facile et plus rapide.

Binôme	Dosage par 10 mL de dichlorométhane	Dosage par 2 x 5 mL de dichlorométhane	Dosage par 10 mL de dichlorométhane et 10 g de chlorure de calcium

- Réaliser les expériences en binôme
- Collecter les résultats des autres binômes
- Exploiter les résultats
- Rédiger un compte-rendu



Comment évaluer une résolution de problème ?

Evaluations

Pour quoi ?

- Diagnostique
- Formative
- Sommative

Par qui ?

- L'enseignant
- Entre élèves
- Auto-évaluation

Boisson énergisante

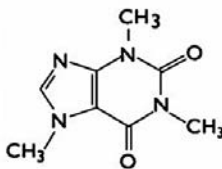
Examen DUT 2A : ECPI



Travail à réaliser : à l'aide de vos connaissances et des documents à votre disposition, conclure sur la conformité du lot de canettes de boisson énergisante

Document 1. La caféine

La caféine, aussi désignée sous le nom de théine, 1,3,7-triméthylxanthine ou méthylthéobromine, est un alcaloïde de masse molaire moléculaire égale à 194 g.mol⁻¹. Elle agit comme stimulant psychotrope et comme léger diurétique. La caféine a été découverte en 1819 par le chimiste allemand Friedlieb Ferdinand Runge. Il la nomma « kaffein » en tant que composé chimique du café, qui en français devint « caféine ». La



nt ou tuant
Wikipédia)

Document 2. Risques et surveillance des boissons énergisantes

Au lendemain de l'autorisation accordée aux boissons énergisantes, la France s'est dotée d'un dispositif de surveillance spécifique. En février 2013, l'Institut de veille sanitaire (InVS) a rendu un rapport relatif aux signalements d'effets indésirables recensés au cours des années 2009 à 2012, par les centres anti-poisons et de toxicovigilance. Ce

rapport conclut qu'il existe des preuves suffisantes d'un risque par la caféine associé à la surconsommation de boissons énergisantes. Certains modes de consommation courants (lors d'activités avec de l'alcool) sont pointés du doigt car ils pourraient tout d'abord entraîner des risques cardio-vasculaires lors d'exercices physiques intenses, puis à une perception amoindrie des effets de l'alcool, ce qui peut conduire à un sur-dosage d'alcool ou à prendre des risques non mesurés.

Les boissons énergisantes sont soumises à une déclaration en contrôle la conformité. La quantité de caféine intégrée dans ces boissons se situe actuellement autour de 210 mg/L. Un avis en 2015 recommande à la population adulte en bonne santé de limiter quotidiens en caféine, en provenance de toutes sources alimentaires, à un niveau au-delà duquel un risque pour la santé existe.

(d'après le site internet de la DGCCRF, Direction Générale de la Concurrence, de la Consommation et

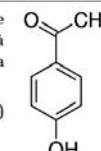
Document 3. Teneurs en caféine pour des boissons usuelles

Boissons	Teneurs en caféine en mg/100 g			Teneurs en caféine (mg) pour des contenants standards
	Teneur minimale	Teneur maximale	Teneur moyenne	
Boissons dites énergisantes	12	32	30*	72,5 (canette de 250 ml) <small>Elle est de 80 mg par canette pour plusieurs marques phares du marché</small>
Café expresso	25	214	71,3	35,7 (50 ml)
Café « filtre » ou café long dosettes	17,5	124,4	51,3	51,3 (100 ml)
Café soluble reconstitué prêt à boire	20,1	85,6	48,4	48,4 (100 ml)
Café décaféiné	1,5	12	2,1	2,1 (100 ml)
Thé infusé	9	50	27,2	54,2 (200 ml)
Soda au cola	4,1	13,2	9,7	32

Document 4. Chromatogramme et spectre de masse pour le mélange de référence

Un mélange de référence (R) est préparé de la façon suivante : dans une fiole jaugée de 50 mL, on a introduit 1,0 mL de solution de caféine à 5,85 g.L⁻¹ et 1,0 mL de la solution d'étalon interne à 1,5 g.L⁻¹, puis on a complété jusqu'au trait de jauge avec de l'acétonitrile.

L'étalon interne choisi est la 4-hydroxyacétophénone (formule ci-contre) de masse molaire égale à 136 g.mol⁻¹.



Résultats du chromatogramme

Pic n°	Rétention (en min)	Area [%]
1	1.456	1.7
2	2.180	42.2
3	2.414	56.0

Conditions d'analyse
Eluant : acétonitrile
Débit d'éluant : 1
Volume injecté : 20
Détection : 254 nm
colonne RP18

Document 5. Chromatogramme du mélange à analyser

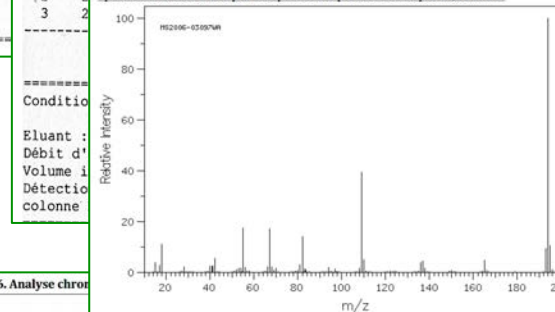
Le laboratoire a procédé à l'extraction de la caféine contenue dans un pack de 16 canettes de 250 mL de boisson énergisante. La caféine extraite a été dissoute dans 200 mL d'acétonitrile, pour donner l'échantillon (M) à analyser.

L'échantillon (M) est mis en présence de l'étalon interne selon le protocole suivant : dans une fiole jaugée de 50 mL, on a introduit 1,0 mL de l'échantillon (M) et 1,0 mL de la solution d'étalon interne à 1,5 g.L⁻¹, puis on a complété jusqu'au trait de jauge avec de l'acétonitrile. On obtient le mélange (M') qui est analysé par CLHP.

Résultats du chromatogramme du mélange (M')

Pic n°	Rétention (en min)	Area [%]	Area [µV.s]
1	1.591	12.85	383661.50
2	2.180	42.2	
3	2.414	56.0	

Spectre de masse obtenu pour l'espèce chimique associée au pic à 2,180 min :



Document 6. Analyse chromatographique

$$C_i = C_E' \times \frac{A_i}{A_E'} \times \frac{C_E}{C_E'} \times \frac{A_E}{A_i}$$

Avec pour la solution étalon :

C_i : concentration massique en espèce i
C_E : concentration massique en étalon interne E
A_i : aire sous le pic de l'espèce i
A_E : aire sous le pic de l'étalon interne

et pour la solution d'échantillon :

C_i : concentration massique en espèce i
C_E' : concentration massique en étalon interne
A_i' : aire sous le pic de l'espèce i
A_E' : aire sous le pic de l'étalon interne

Boisson énergisante

Examen DUT 2A : ECPI



Compétences	Indicateurs de réussite
S'approprier	<ul style="list-style-type: none">- Ramener le problème de conformité à la valeur de la teneur en caféine- Identifier la méthode (dosage par CLHP de la caféine)
Analyser (établir une stratégie)	<ul style="list-style-type: none">- Attribuer les pics du chromatogramme (avec le spectre de masse)- Etablir les étapes de la résolution (relation d'étalonnage interne + problèmes extraction & dilution)- Repérer les valeurs des seuils
Réaliser (mettre en œuvre la stratégie)	<ul style="list-style-type: none">- Utiliser correctement la relation d'étalonnage interne, en gérant le problème de dilution- Réaliser le calcul correct en tenant compte de l'extraction- Exprimer le résultat : masse par canette ou concentration
Valider	<ul style="list-style-type: none">- Comparer la valeur trouvée à une valeur seuil pertinente- Conclure : conforme / non-conforme- Discuter des limites éventuelles, la valeur du seuil utilisée
Communiquer	<ul style="list-style-type: none">- Expliciter l'objectif- Décrire clairement la démarche suivie, avec vocabulaire scientifique- Mettre en évidence la conclusion finale.

Boisson énergisante

Examen DUT 2A : ECPI



Notes ECPI		Remplir avec A, B, C, D						Occurrences							
Nom	Prénom	Note / 10	Coeff. Note	APP	ANA	REA	VAL	COM	AUT	Total coeff	Note mini	Valeur :			
				A	B	C	D	A	B	C	D				
BOLTON	Roose	5,50	5,50	A	C	C	B	C		12	2	2	1	-1	-2
H'GHAR	Jaqen	10,00	10,00	A	A	A	A	A				2	2	8	0
MOMONT	Jorah	8,50	8,50	A	B	B	B	B				12	0	0	0
SEAWORTH	Davos	7,50	7,50	A	A	A	C	D				2	10	0	0
STARK	Arya	2,00	2,00	D	D	D	D	D				8	0	2	2
												0	0	0	12

Détecteur de pluie



La présence de gouttes d'eau sur le pare-brise déclenche les essuie-glaces : proposer une explication.

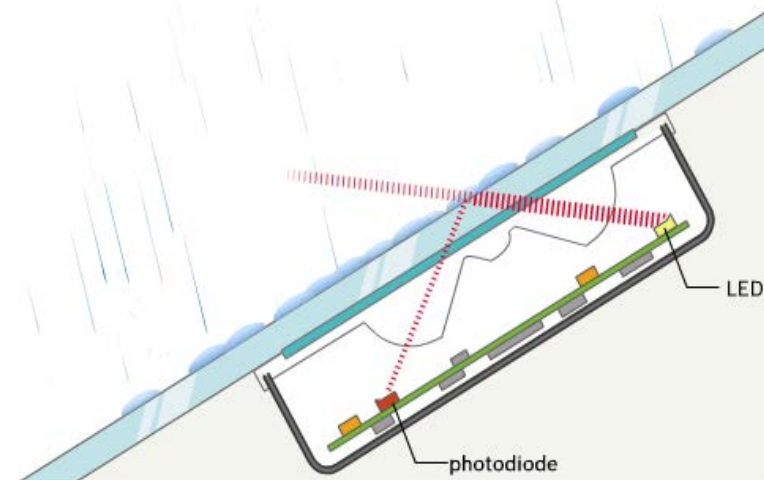


Proposer une expérience pour valider l'explication.



Réaliser l'expérience, conclure.

Examen Baccalauréat Professionnel



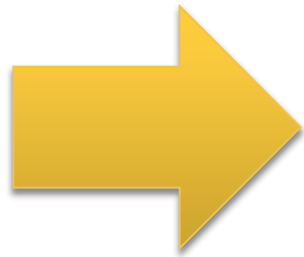
Une diode électroluminescente (DEL ou LED en anglais) (émetteur) envoie un faisceau de lumière à travers le pare-brise, vers l'extérieur.

Une photodiode (récepteur), reçoit le faisceau de lumière et déclenche les essuie-glaces quand la quantité de lumière reçue est insuffisante.

A decorative graphic on the left side of the slide, featuring a green leaf with a prominent vein structure, curving upwards and then downwards. The leaf is set against a white background.

Pour conclure

Résolutions de problèmes scientifiques en classe : aucun problème ?!



Oser et persévérer

Varier le menu



Références

POLYA G. (1965). Comment poser et résoudre un problème ? 5^{ème} tirage – 2015. Editions Jacques Gabay.

JOHNSTONE A.H. (1993), in Creative problem solving in chemistry, eds C. Wood & R. Sleet, London, Royal Society of Chemistry.

BACHELARD G. (1938) La formation de l'esprit scientifique. Ed. 2004 ; Vrin.

COURTY J.-M. (2014). Mettre en œuvre et évaluer la résolution de problème. Université Pierre et Marie Curie. *Communication, Grenoble 2014*.

IGEN (2014) Résoudre un problème de physique-chimie dès la seconde (Griesp).

IGEN (2015) Résolution de problème en CPGE (Griesp).

IGEN (2013) Recommandations pour la conception de l'épreuve écrite de physique-chimie du baccalauréat S.

IGEN (2011) Activités expérimentales en physique-chimie.

IGEN (2012) Cahier des charges pour la conception des sujets pour l'ECE en TS. Evaluation des compétences expérimentales.