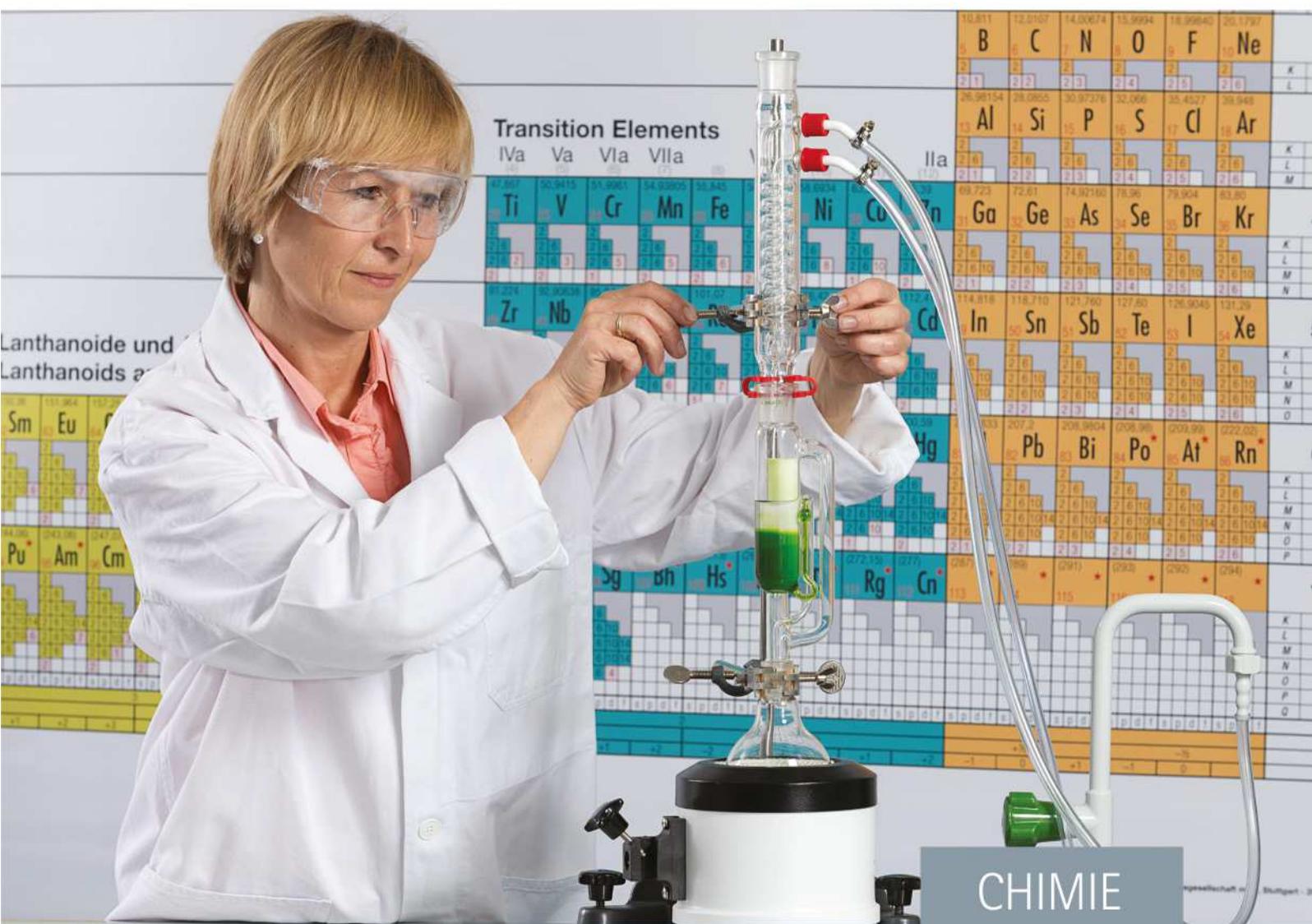


LEYBOLD®



EXPÉRIENCES DE CHIMIE



CHIMIE

POUR LA DÉMONSTRATION DANS LES ÉCOLES ET LES UNIVERSITÉS

C1 CHIMIE GÉNÉRALE ET INORGANIQUE

C1.1	PROPRIÉTÉS DES SUBSTANCES	30-38
C1.1.1	DÉTERMINATION DES MASSES MOLAIRES	30-31
C1.1.2	ÉTATS PHYSIQUES	32
C1.1.3	STRUCTURE DE LA MATIÈRE	33-38
C1.2	RÉACTIONS CHIMIQUES ET STœCHIO MÉTRIE	39-41
C1.2.1	LOI DE LA CONSERVATION DE LA MASSE	39
C1.2.2	LOI DES PROPORTIONS CONSTANTES	40
C1.2.3	LOI DES PROPORTIONS MULTIPLES	41
C1.3	LE COMPOSÉ « EAU »	42-44
C1.3.1	DÉCOMPOSITION DE L'EAU	42
C1.3.2	SYNTHÈSE DE L'EAU	43
C1.3.3	PROPRIÉTÉS DE L'EAU	44
C1.4	L'AIR ET D'AUTRES GAZ	45-48
C1.4.1	COMPOSANTS DE L'AIR	45-46
C1.4.2	FABRICATION DE GAZ	47
C1.4.3	RÉACTIONS AVEC DES GAZ	48
C1.5	LES MÉTAUX ET LEURS PROPRIÉTÉS	49-51
C1.5.1	EXTRACTION DE MÉTAUX	49
C1.5.3	CORROSION	50-51
C1.6	LES NON-MÉTAUX ET LEURS PROPRIÉTÉS	52
C1.6.2	LE GROUPE DE L'OXYGÈNE	52
C1.7	ACIDES, BASES ET SELS	53-56
C1.7.2	ACIDITÉS ET VALEURS PH	53-54
C1.7.3	SELS ET COMPOSÉS IONIQUES	55-56



C1.1.1 DÉTERMINATION DES MASSES MOLAIRES

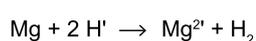
C1.1.1.1 Détermination de la masse atomique relative de métaux

Détermination de la masse atomique relative de métaux (C1.1.1.1)

N° de cat.	Désignation	C1.1.1
664 097	Réacteur pour la stœchiométrie	1
665 914	Seringue à gaz 100 ml avec robinet à 3 voies	1
665 936	Manomètre à tube plongeur	1
664 352	Vase de niveau, 250 ml	1
667 194	Tuyau silicone, 7 mm Ø, 1 m	1
382 21	Thermomètre agitateur, -30...+110 °C/1 K	1
667 312	Raccord en verre, 2 x GL 18	1
667 017	Ciseaux, 125 mm, bouts arrondis	1
667 027	Pince brucelles, émoussée, 130 mm	1
664 131	Bécher Boro 3.3, 400 ml, forme basse	1
665 753	Éprouvette graduée 50 ml, pied en plastique	1
666 4659	Tableau magnétique, 500 mm	2
666 4662	Support magnétique, taille 2, 11...14 mm	1
666 4665	Support magnétique, taille 5, 30...32 mm	3
666 425	Cadre profilé C 50 à 2 étages, CPS	1
667 7990	Balance d'analyse ABS 220-4N, 220 g : 0,0001 g	1
674 6810	Acide chlorhydrique, 10 %, 1 l	1
673 1000	Magnésium, ruban, 25 g	1
661 081	Feuille d'aluminium, 1 rouleau	1
671 2000	Calcium, copeaux, 25 g	1

La transition de l'alchimie à la chimie scientifique a été marquée par une découverte importante : c'est le nombre de particules qui est déterminant, et non la masse d'une substance. La masse molaire permet de réaliser des réactions avec des quantités de substances adéquates.

L'expérience C1.1.1.1 consiste à déterminer la masse molaire de certains métaux communs. Ceux-ci, par ex. le magnésium, sont mis en réaction avec de l'acide.



Différents métaux de même poids produisent différentes quantités d'hydrogène. L'utilisation de la même quantité de matière entraîne la production des mêmes quantités d'hydrogène, ce qui permet de déterminer la masse molaire relative du métal considéré.



C1.1.1
DÉTERMINATION DES
MASSES MOLAIRES

C1.1.1.2
Détermination de la masse
molaire de gaz

Détermination de la masse molaire de gaz (C1.1.1.2)

N° de cat.	Désignation	C1.1.1.2
379 07	Sphère à 2 robinets (sphère de pesée gazeuse)	1
OHS PU123	Balance SPU123	1
667 072	Support pour ballon rond, 250 ml	1
375 58	Pompe manuelle pour vide	1
665 913	Seringue à gaz 100 ml avec robinet à 1 voie	1
667 197	Tuyau silicone, 4 mm Ø, 1 m	1
604 434	Tuyau en silicone, 8 mm Ø, 1 m	1
604 510	Raccord de tuyaux, PP, droit, 4/15 mm Ø	2
667 186	Tuyau pour vide, 8 mm Ø	1
604 491	Tuyau à vide, 6 mm Ø	1
660 998	Bouteille de gaz comprimé Minican, oxygène	1
661 000	Bouteille de gaz comprimé Minican, azote	1
660 980	Soupape de réglage de précision pour bouteille de gaz comprimé Minican	2
661 082	Graisse pour rodages, 60 g	1

À pression et température constantes, chaque gaz occupe le même volume, indépendamment de sa composition et quel que soit le type d'atome. Par conséquent, si on connaît le volume, la pression et la température, on peut déterminer la masse molaire des gaz. Dans l'expérience C1.1.1.2, cette mesure est effectuée avec une sphère de pesée des gaz.



C1.1.2 ÉTATS PHYSIQUES

C1.1.2.1 Fonte de la glace et ébullition de l'eau

Fonte de la glace et ébullition de l'eau (C1.1.2.1)

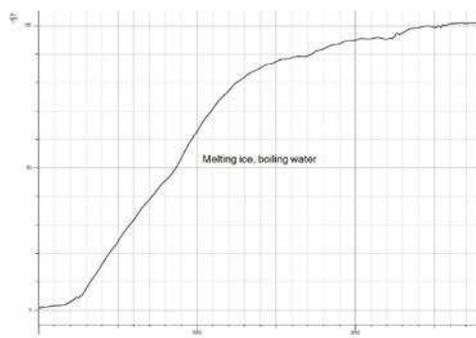
N° de cat.	Désignation	C1.1.2.1
524 018	Pocket-CASSY 2 Bluetooth	1
524 220	CASSY Lab 2	1
524 019	Accu pour Pocket-CASSY 2 Bluetooth	1*
524 0031	Dongle Bluetooth	1*
524 0673	Connecteur adaptateur NiCr-Ni S, type K	1
529 676	Sonde de température NiCr-Ni, 1,5 mm, type K	1
664 105	Bécher DURAN, 600 ml, forme basse	1
666 8471	Agitateur magnétique à plaque chauffante	1
666 523	Tige support 450 mm, 12 mm Ø, filetage M10	1
666 555	Pince de serrage universelle 0...80 mm	1
301 09	Noix double S	1
	complément nécessaire : glace	

* complément recommandé

Les matières peuvent prendre trois états : solide, liquide ou gazeux. Les solides présentent une forme extérieure stable et ont un volume défini. Les liquides ont un volume défini, mais ne présentent plus de forme précise. Quant aux gaz, ils n'ont ni forme ni volume, ils remplissent tout l'espace disponible.

À pression constante et à une température caractéristique, les matières passent d'un état à l'autre. Ces températures sont connues comme étant les points de fusion et d'ébullition.

L'expérience C1.1.2.1 consiste à étudier le comportement de l'eau à différentes températures. À cet effet, de la glace (eau à l'état solide) est réchauffée lentement, jusqu'à ce qu'elle fonde et s'évapore. Au point d'ébullition ou de fusion, la température change seulement lorsque la substance est passée complètement à l'autre état. Les points d'ébullition et de fusion sont ainsi faciles à déterminer.



Fonte de la glace et ébullition de l'eau.



C1.1.3
STRUCTURE DE LA MATIÈRE

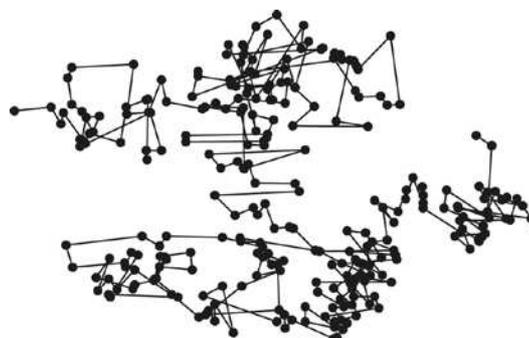
C1.1.3.1
Mouvement brownien des
particules de fumée

Mouvement brownien des particules de fumée (C1.1.3.1)

N° de cat.	Désignation	C1.1.3.1
MIK 738865	Microscope EduLED, mono 2	1
MIK 747039	Adaptateur de microscope pour caméras BMS EcoCam 5 et 8	1
372 51	Chambre à fumée	1
450 60	Carter de lampe avec câble	1
450 511	Ampoules 6 V/ 30 W, E14, jeu de 2	1
460 20	Condenseur asphérique	1
521 210	Transformateur 6/12 V, 30 W	1
300 02	Pied en V, petit	1
MIK 74704	BMS EcoCam 8, caméra à col de cygne	1

La matière est tout ce qui occupe l'espace et possède une masse. Nous distinguons les substances pures des mélanges. Les mélanges peuvent être homogènes et hétérogènes. Les substances pures sont des éléments constitués d'atomes de même type. Chaque atome est constitué d'un noyau et d'une enveloppe électronique.

Une particule flottant dans un gaz effectue un mouvement qui change en permanence selon la vitesse et la direction. *J. Perrin* a expliqué ce mouvement moléculaire découvert par *R. Brown* et provoqué par les chocs des molécules de gaz sur la particule. Le mouvement est d'autant plus vif que la particule est petite. Il est constitué d'un mouvement de translation et d'une rotation également variable. Dans l'expérience C1.1.3.1, on observe au microscope le mouvement de particules de fumée dans l'air.



Mouvement brownien des particules de fumée.



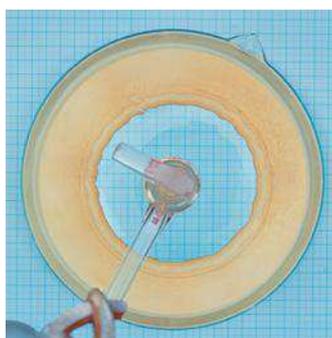
C1.1.3
 STRUCTURE DE LA MATIÈRE

C1.1.3.2
 Évaluation de la taille de
 molécules d'huile

Évaluation de la taille de molécules d'huile (C1.1.3.2)

N° de cat.	Désignation	C1.1.3.2
664 179	Cristallisoir, 3500 ml	1
665 844	Burette à robinet latéral	1
664 110	Bécher DURAN, 50 ml, forme haute	1
665 751	Éprouvette graduée 10 ml, pied en plastique	1
665 754	Éprouvette graduée 100 ml, pied en plastique	1
300 02	Pied en V, petit	1
300 43	Tige 75 cm, 12 mm Ø	1
301 09	Noix double S	1
666 555	Pince de serrage universelle 0...80 mm	1
675 3410	Eau, pure, 5 l	1
672 1240	Glycérinetrioléate, 100 ml	1
674 2220	Essence de pétrole, 40-70°C, 1 l	1
670 6920	Poudre de lycopode, 25 g	1

Une question importante de la physique atomique est celle de la taille d'un atome. L'étude de la taille des molécules permet une approche expérimentale plus aisée avec un bon ordre de grandeur. Dans l'expérience C1.1.3.2, cette taille est évaluée avec des moyens simples à partir de la taille d'une tache d'huile à la surface de l'eau.



Évaluation de la taille de molécules d'huile



C1.1.3
STRUCTURE DE LA MATIÈRE

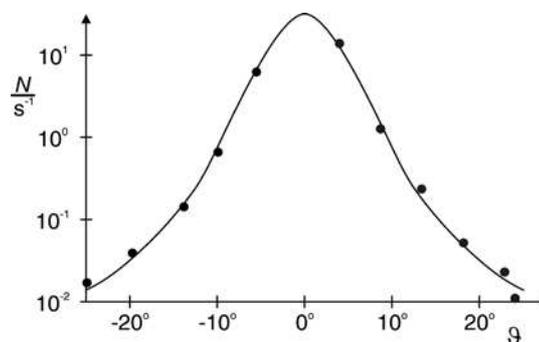
C1.1.3.4
Diffusion de Rutherford

Diffusion de Rutherford (C1.1.3.4)

N° de cat.	Désignation	C1.1.3.4
559 820Z	Préparation d'américium 241, 330 kBq	1
559 56	Chambre à diffusion de Rutherford	1
559 52	Feuille d'aluminium dans monture	1
559 931	Préamplificateur de discriminateur	1
562 791	Adaptateur secteur 12 V CA	1
575 471	Compteur S	1
378 73	Pompe à vide à palettes S 1,5	1
378 005	Élément en T DN 16 KF	1
378 040ET2	Anneaux de centrage DN 10/16 KF, jeu de 2	1
378 045ET2	Anneaux de centrage DN 16 KF, jeu de 2	1
378 050	Anneau de serrage DN 10/16 KF	2
378 771	Vanne d'aération DN 10 KF	1
378 031	Embout DN 16 KF	1
667 186	Tuyau pour vide, 8 mm Ø	1
501 01	Câble HF, 0,25 m	1
575 24	Câble de mesure BNC/4 mm	1
	Complément nécessaire : PC avec Windows XP/Vista/7/8	1

Au cours d'une expérience lourde de conséquences, Rutherford, Geiger et Marsden ont confirmé qu'un atome est „essentiellement vide". Ils ont fait tomber un faisceau parallèle de particules α sur une feuille d'or très fine. Ils ont observé alors que la majeure partie des particules α pénètrent dans la feuille d'or pratiquement sans être déviées et qu'une très petite partie seulement est fortement déviée. Ils en ont déduit que les atomes sont constitués d'une enveloppe étendue presque sans masse et d'un noyau massif ayant quasiment la forme d'un point.

Dans l'expérience C1.1.3.4, cette observation est reproduite avec une préparation d'américium 241 dans une chambre vide. Le taux de diffusion $N(\vartheta)$ des particules α est mesuré avec un tube Geiger-Müller en fonction de l'angle de diffusion ϑ .



Taux de diffusion N en fonction de l'angle de diffusion ϑ



C1.1.3
 STRUCTURE DE LA MATIÈRE

C1.1.3.5
 Détermination de la charge électrique élémentaire d'après Millikan et mise en évidence de la quantification de la charge

Détermination de la charge électrique élémentaire d'après Millikan et mise en évidence de la quantification de la charge (C1.1.3.5)

N° de cat.	Désignation	C1.1.3.5
559 412	Appareil de Millikan	1
559 421	Alimentation pour l'appareil de Millikan	1
313 033	Chronomètre électronique P	1
501 46	Câbles d'expérimentation 19 A, 100 cm, rouge/bleu, paire	3

En 1910, avec sa fameuse expérience de la goutte d'huile, R. A. Millikan réussit à démontrer la présence quantique de quantités d'électricité infimes. Il fit flotter de minuscules gouttelettes d'huile chargées électriquement dans le champ électrique perpendiculaire d'un condensateur à plaques et, à partir du rayon r et du champ électrique E , il détermina la charge q d'une goutte en suspension :

$$q = \frac{4\pi}{3} \cdot r^3 \cdot \frac{\rho \cdot g}{E}$$

ρ : densité de l'huile

g : accélération de la pesanteur

Il observa que q n'apparaissait que sous la forme d'un multiple entier d'une charge élémentaire e .

L'expérience C1.1.3.5 permet de calculer le champ électrique

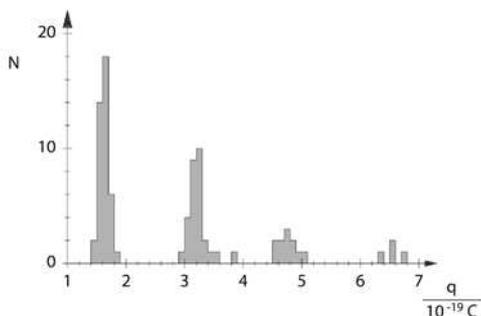
$$E = \frac{U}{d}$$

d : écartement des plaques

à partir de la tension U au condensateur à plaques à laquelle la gouttelette d'huile observée se trouve juste en suspension. Ensuite, pour déterminer le rayon, on mesure la vitesse d'abaissement constante v_1 de la goutte lorsque le champ électrique est désactivé. Il résulte de l'équilibre entre la force du poids et le frottement de Stokes

$$\frac{4\pi}{3} \cdot r^3 \cdot \rho \cdot g = 6\pi \cdot r \cdot \eta \cdot v_1$$

η : viscosité



Histogramme illustrant la quantification de la charge



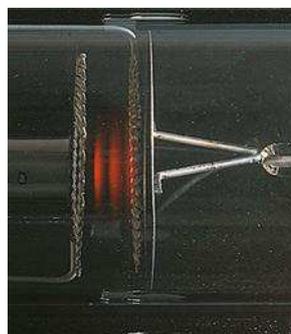
C1.1.3
STRUCTURE DE LA MATIÈRE
C1.1.3.6
Expérience de Franck et Hertz

Expérience de Franck et Hertz (C1.1.3.6)

N° de cat.	Désignation	C1.1.3.6
555 870	Tube de Franck-Hertz au néon	1
555 871	Support pour tube de Franck-Hertz au néon	1
555 872	Câble de connexion FH-Ne, 6 pôles	1
555 880	Alimentation Franck-Hertz	1
524 013	Sensor-CASSY 2	1
524 220	CASSY Lab 2	1
501 46	Câbles d'expérimentation 19 A, 100 cm, rouge/bleu, paire	2
	Complément nécessaire : PC avec Windows XP/Vista/7/8	1

En 1914, J. Franck et G. Hertz présentèrent un rapport sur le transfert d'énergie discontinu des électrons lorsque ceux-ci traversent la vapeur de mercure et sur l'émission qui en résulte de la raie spectrale ultraviolette ($\lambda = 254 \text{ nm}$) du mercure. En étudiant leur expérience, Niels Bohr y vit quelques mois plus tard une preuve du modèle atomique qu'il avait développé auparavant.

Lors de la désexcitation d'atomes de néon après un impact électronique inélastique, l'émission de photons permet des états intermédiaires en effectuant des détours. La longueur d'onde des photons se situe entre le rouge et le vert. La lumière émise peut donc être observée à l'œil nu. C'est ce que propose l'expérience C1.1.3.6. Entre les grilles G_1 et G_2 , on observe différentes couches lumineuses rougeâtres nettement distinctes, dont le nombre augmente avec la tension. Il s'agit de zones à forte densité d'excitation, où les atomes excités émettent de la lumière spectrale.



Expérience de Franck et Hertz



C1.1.3 STRUCTURE DE LA MATIÈRE

C1.1.3.7 Relevé des spectres d'émission lors d'un test de flamme

Relevé des spectres d'émission lors d'un test de flamme (C1.1.3.7)

N° de cat.	Désignation	C1.1.3.7
467 251	Spectromètre compact, physique	1
460 251	Support pour fibres	1
300 11	Socle	1
666 731	Allume-gaz, mécanique	1
666 960	Microcuillère à poudre	1
667 089	Plaque à gouttes, 17 mm Ø	1
656 017	Bec Teclu, multigaz	1
607 020	Tuyau à gaz de sécurité avec manchon terminal, 0,5 m	1
673 0840	Bâton de magnésie, lot de 25	1
661 088	Sels pour coloration de flamme, jeu de 9	1
674 6950	Acide chlorhydrique 0,1 mol/l, 500 ml	1
	Complément nécessaire : PC avec Windows XP/Vista/7/8	1

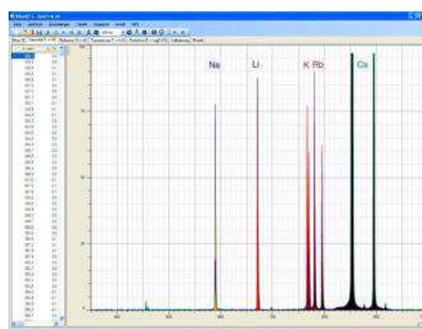
Les raies spectrales se forment lors du passage des électrons du niveau d'énergie supérieur au niveau inférieur dans l'enveloppe des atomes excités. La longueur d'onde de la lumière qui est alors émise résulte de cette différence d'énergie :

$$\nu = \frac{E_2 - E_1}{h}$$

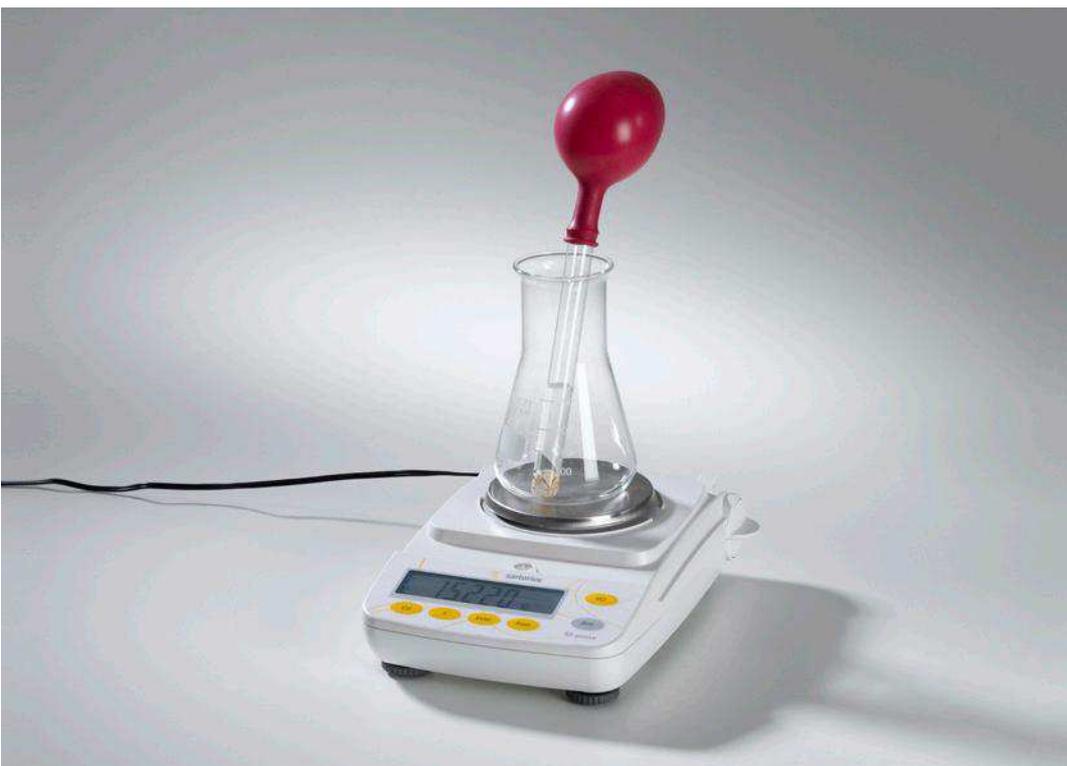
h : constante de Planck

Comme les énergies E_1 et E_2 ne peuvent prendre que des valeurs discrètes, seuls sont émis ou absorbés des photons à fréquences discrètes. Le spectre de l'atome représente la totalité des fréquences. La position des raies spectrales est caractéristique de l'élément concerné.

Dans l'expérience C1.1.3.7, on étudie les colorations de flamme de sels métalliques. Un spectromètre compact raccordé à l'ordinateur via le port USB permet d'enregistrer aisément de tels phénomènes transitoires et d'analyser les raies d'émission. Contrairement à l'observation classique à l'œil nu, on peut aussi identifier les raies dans la gamme IR, par ex. pour le potassium.



Spectre d'émission de différents sels métalliques



Conservation de la masse dans la réaction du marbre avec de l'acide (C1.2.1.1)

C1.2.1

LOI DE LA CONSERVATION DE LA MASSE

C1.2.1.1

Conservation de la masse
 dans la réaction du marbre
 avec de l'acide

N° de cat.	Désignation	C1.2.1.1
OHT A302	Balance portable Traveler TA302	1
664 238	Fiolle Erlenmeyer DURAN, 250 ml, col large	1
664 043	Tube à essais Fiolax, 16 x 160 mm, lot de 10	1
665 997	Pipette graduée, 10 ml	1
666 003	Poire à pipeter	1
667 0344	Pincette arrondies, 145 mm	1
667 243	Ballons en caoutchouc, lot de 10	1
674 6900	Acide hydrochlorique, 1 mol/l, 500 ml	1
673 2500	Marbre, fragment, 250 g	1

La loi de conservation de la masse a été formulée en 1789 par Antoine Laurent de Lavoisier : lors d'une réaction chimique qui se déroule en milieu fermé, la somme des masses des réactifs est toujours égale à la somme des masses des produits formés. Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme.

L'expérience C1.2.1.1 montre que la masse totale des substances participant à la réaction est conservée pendant une réaction chimique. Dans l'expérience, de l'acide chlorhydrique est pipeté dans un tube à essais. Des morceaux de marbre sont placés dans un ballon. La réaction commence dès que les morceaux de marbre sont versés dans l'acide. Il se forme des bulles, mais il s'avère qu'aucune masse n'est perdue.



C1.2.2

LOI DES PROPORTIONS CONSTANTES

C1.2.2.1

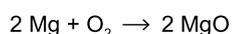
Synthèse de l'oxyde de magnésium

Synthèse de l'oxyde de magnésium (C1.2.2.1)

N° de cat.	Désignation	C1.2.2.1
666 9881	Nacelle de combustion en porcelaine, émaillée	3
664 077	Tube à réaction, verre quartzéux, 300 x 20 mm Ø	1
665 914	Seringue à gaz 100 ml avec robinet à 3 voies	1
665 913	Seringue à gaz 100 ml avec robinet à 1 voie	1
666 714	Brûleur à cartouche, modèle DIN	1
666 715	Cartouche de gaz	1
300 76	Laborboy II (support élévateur)	1
666 731	Allume-gaz, mécanique	1
667 7990	Balance d'analyse ABS 220-4N, 220 g : 0,0001 g	1
667 194	Tuyau silicone, 7 mm Ø, 1 m	1
666 4660	Tableau magnétique, 300 mm	6
666 4665	Support magnétique, taille 5, 30...32 mm	4
666 428	Cadre profilé C 100 à 2 étages, CPS	1
673 1000	Magnésium, ruban, 25 g	1
674 6970	Acide chlorhydrique 0,5 mol/l, 500 ml	1
660 998	Bouteille de gaz comprimé Minican, oxygène	1
660 980	Soupape de réglage de précision pour bouteille de gaz comprimé Minican	1
604 481	Tuyau en caoutchouc 1 m x 4 mm Ø, DIN 12865	1
604 510	Raccord de tuyaux, PP, droit, 4/15 mm Ø	1

Faisant partie des lois des proportions, la loi des proportions constantes est fondamentale pour la chimie. Il en résulte le terme de mole, et la stœchiométrie serait également impensable sans cette loi. Elle décrit la règle selon laquelle deux substances réagissent toujours dans les mêmes proportions (constantes), qu'il existe donc des relations fixes. Ce n'est qu'avec l'établissement de cette loi, que Berzelius, entre autres, a énoncé au début du XIXème siècle après de longues analyses, qu'il est possible d'écrire des équations de réaction.

Dans l'expérience C1.2.2.1, on vérifie la loi des proportions constantes par la synthèse de l'oxyde de magnésium. Au contact de l'oxygène, le magnésium devient lumineux et se transforme en oxyde de magnésium.



Le magnésium comme produit de départ et l'oxyde de magnésium comme produit final peuvent être pesés. Par ailleurs, la mesure du volume permet de déterminer la quantité d'oxygène consommée. On peut en déduire le rapport des masses de l'oxygène et du magnésium. Des essais répétés permettent de déterminer qu'il est constant.



C1.2.3
 LOI DES PROPORTIONS
 MULTIPLES

C1.2.3.1
 Analyse de l'oxyde de cuivre (I)
 et de l'oxyde de cuivre (II)

Analyse de l'oxyde de cuivre (I) et de l'oxyde de cuivre (II) (C1.2.3.1_a)

N° de cat.	Désignation	C1.2.3.1 (a)	C1.2.3.1 (b)
666 428	Cadre profilé C 100 à 2 étages, CPS	1	
666 4660	Tableau magnétique, 300 mm	4	
666 4659	Tableau magnétique, 500 mm	1	
666 4662	Support magnétique, taille 2, 11...14 mm	3	
666 4664	Support magnétique, taille 4, 27...29 mm	1	
666 4795	HydroStik PRO, CPS	1	
666 4798	HydroFill PRO	1	1
664 077	Tube à réaction, verre quartzéux, 300 x 20 mm Ø	1	1
664 086	Tube en U, 160 x 22 mm, 2 tubulures latérales	1	1
667 312	Raccord en verre, 2 x GL 18	1	
664 800	Flacon laveur, corps	1	1
664 806	Tête de flacon laveur en verre avec élément fritté	1	1
667 255	Bouchon en caoutchouc plein, 16 ... 21 mm Ø	2	2
667 286	Bouchon en silicone, 16 x 21 x 25 mm, 1 trou 7 mm Ø	2	2
667 194	Tuyau silicone, 7 mm Ø, 1 m	1	1
667 197	Tuyau silicone, 4 mm Ø, 1 m	1	1
604 520	Raccord réducteur avec embout olivaire	1	
665 238	Buse en verre, coudé à 90°	1	1
666 988	Nacelle de combustion en porcelaine	2	2
667 035	Pince pour creuset, 200 mm	1	1
667 016	Ciseaux, 200 mm, bouts pointus	1	1
667 034	Pince brucelles, émoussée, 200 mm	1	1
604 5671	Microspatule double, acier, 130 mm	1	1
666 968	Spatule cuillère, acier inoxydable, 180 mm	1	1
666 714	Brûleur à cartouche, modèle DIN	2	2

N° de cat.	Désignation	C1.2.3.1 (a)	C1.2.3.1 (b)
666 724	Buse large en éventail	2	2
300 76	Laborboy II (support élévateur)	2	2
665 212ET10	Baguette d'agitation en verre 200 mm x 8 mm Ø, lot de 10	1	1
664 925	Dessiccateur à vide, D = 200 mm	1	1
667 7990	Balance d'analyse ABS 220-4N, 220 g : 0,0001 g	1	1
666 8036	Étuve UN30	1	1
672 9300	Oxyde de cuivre (I), 25 g	1	1
672 9500	Oxyde de cuivre (II), poudre, 50 g	1	1
672 7781	Gel de silice, 500 g	1	1
672 1000	Laine de verre, 10 g	1	1
666 602	Rail de base 55 cm		1
666 615	Noix universelle		8
666 555	Pince de serrage universelle 0...80 mm		3
666 609ET2	Tubes, 450 mm, 10 mm Ø, jeu de 2		2
666 4796	HydroStik PRO		1
666 4797	Vanne de régulation		1
604 510	Raccord de tuyaux, PP, droit, 4/15 mm Ø		1

L'expérience C1.2.3.1 consiste à déterminer les rapports des masses du cuivre et de l'oxygène dans les composés oxyde de cuivre (I) et (II). Les éléments cuivre et oxygène sont liés entre eux dans différents rapports des masses dans les composés oxyde de cuivre (I) et (II). La réduction quantitative avec de l'hydrogène permet de déterminer ces différents rapports.



C1.3.1
DÉCOMPOSITION DE L'EAU

C1.3.1.1
Décomposition par électrolyse
de l'eau selon Hofmann

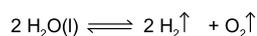
Décomposition par électrolyse de l'eau selon Hofmann (C1.3.1.1_a)

N° de cat.	Désignation	C1.3.1.1 (a)
664 350	Électrolyseur en U	1
521 546	Alimentation CC 0...16 V/0...5 A	1
501 46	Câbles d'expérimentation 19 A, 100 cm, rouge/bleu, paire	1
531 836	Instrument de mesure universel Chimie	1
524 0621	Capteur UIP S	1
501 45	Câbles d'expérimentation 19 A, 50 cm, rouge/bleu, paire	1
602 953	Éprouvette graduée Boro 3.3, 100 ml, pied en verre	1
674 7920	Acide sulfurique, dilué, env. 2 N (= 10 %), 500 ml	1

La molécule d'eau, de formule H_2O , contient 2 atomes d'hydrogène et 1 atome d'oxygène. On peut déduire cette formule en décomposant l'eau par électrolyse.

Dans l'expérience C1.3.1.1, l'analyse de l'eau s'effectue par électrolyse dans le voltamètre d'Hofmann. L'expérience présente en même temps la transformation de l'énergie électrique en énergie chimique. Dans un premier temps, on peut déterminer qualitativement les gaz hydrogène et oxygène qui se forment.

L'évaluation quantitative de ces volumes de gaz permet ensuite de définir la formule chimique de la liaison de l'eau.





C1.3.2
SYNTHÈSE DE L'EAU

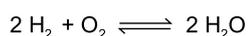
C1.3.2.1
Synthèse qualitative de l'eau,
avec matériel support

Synthèse qualitative de l'eau, avec matériel support (C1.3.2.1_a)

N° de cat.	Désignation	C1.3.2.1 (a)	C1.3.2.1 (b)
375 56	Trompe à eau	1	1
602 024	Bécher Boro 3.3, 800 ml, forme basse	1	1
665 001	Entonnoir de collecte de gaz	1	1
664 800	Flacon laveur, corps	1	1
664 805	Tête de flacon laveur en verre avec tige droite	1	1
665 237	Buse en verre droite, 8 mm Ø	1	1
664 093	Tube en U, 160 x 24 mm, 2 tubulures latérales	1	1
300 02	Pied en V, petit	2	
608 051	Tube, 750 mm, 10 mm Ø	2	
301 09	Noix double S	4	
666 555	Pince de serrage universelle 0...80 mm	4	
300 76	Laborboy II (support élévateur)	1	1
667 257	Bouchon en caoutchouc plein, 19 ... 24 mm Ø	2	2
660 997	Bouteille de gaz comprimé Minican, hydrogène	1	
660 980	Soupape de réglage de précision pour bouteille de gaz comprimé Minican	1	
604 481	Tuyau en caoutchouc 1 m x 4 mm Ø, DIN 12865	1	1
604 510	Raccord de tuyaux, PP, droit, 4/15 mm Ø	1	
667 183	Tuyau caoutchouc, 1 m x 8 mm Ø	1	
672 9700	Sulfate de cuivre (II), anhydre, 50 g	1	1
675 3410	Eau, pure, 5 l	1	1
671 8400	Paille de fer, 50 g	1	1
666 425	Cadre profilé C 50 à 2 étages, CPS		1
666 4659	Tableau magnétique, 500 mm		1
666 4661	Support magnétique, taille 1, 9...11 mm		1

N° de cat.	Désignation	C1.3.2.1 (a)	C1.3.2.1 (b)
666 4662	Support magnétique, taille 2, 11...14 mm		2
666 4664	Support magnétique, taille 4, 27...29 mm		1
667 312	Raccord en verre, 2 x GL 18		1
666 4795	HydroStik PRO, CPS		1
666 4798	HydroFill PRO		1
667 197	Tuyau silicone, 4 mm Ø, 1 m		1

L'eau est disponible en quantités énormes sur Terre, mais on peut également la synthétiser en laboratoire. La synthèse de l'eau est une expérience complémentaire à sa décomposition électrolytique. Dans l'expérience C1.3.2.1, on brûle de l'hydrogène. L'oxyde d'hydrogène qui en résulte est recueilli dans un tube en U. On effectue le test de reconnaissance de l'eau à l'aide de sulfate de cuivre (II) blanc ou avec du papier de détection d'eau.



Dans la variante a, l'expérience est réalisée avec du matériel support, dans la variante b avec le cadre CPS.



C1.3.3 PROPRIÉTÉS DE L'EAU

C1.3.3.1 Anomalie thermique de l'eau

Anomalie thermique de l'eau (C1.3.3.1)

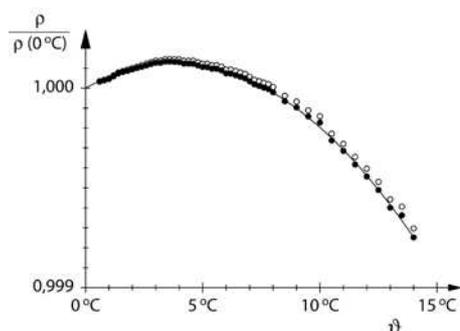
N° de cat.	Désignation	C1.3.3.1
667 505	Appareil pour l'étude des anomalies de l'eau	1
666 8451	Agitateur magnétique	1
664 195	Cuve en verre , 9 l	1
665 009	Entonnoir PP, 75 mm Ø	1
307 66	Tuyau souple en caoutchouc	1
300 42	Tige 47 cm, 12 mm Ø	1
666 555	Pince de serrage universelle 0...80 mm	1
301 09	Noix double S	1
300 02	Pied en V, petit	1
531 836	Instrument de mesure universel Chimie	1
524 0673	Connecteur adaptateur NiCr-Ni S, type K	1
529 676	Sonde de température NiCr-Ni, 1,5 mm, type K	1

L'eau est vitale, ce qui s'explique par ses propriétés particulières comparées à celles d'autres substances. L'eau est l'une des rares liaisons qu'on retrouve dans la nature, dans les trois états physiques : solide (glace), liquide (eau) et gazeux (vapeur d'eau).

L'eau présente une anomalie de densité : jusqu'à une température de 4 °C, elle a un coefficient de dilatation négatif, c'est-à-dire qu'elle se rétracte lorsqu'elle est réchauffée. Après un passage à zéro à 4 °C, le coefficient de dilatation prend des valeurs positives. L'eau présente donc un maximum de densité à 4 °C.

Dans l'expérience C1.3.3.1, on démontre le maximum de densité de l'eau en mesurant la dilatation dans un récipient avec tube ascendant. À température ambiante, on refroidit le dispositif complet à environ 1 °C dans un bain d'eau glacée en mélangeant en permanence ou, après sont refroidissement dans une armoire frigorifique, on le réchauffe lentement à température ambiante. On mesure la montée h , dans un tube ascendant de section A en fonction de la température de l'eau ϑ . Comme le changement de volume est relativement faible comparé au volume total V_0 , on obtient pour la densité

$$\rho(\vartheta) = \rho(0^\circ\text{C}) \times \left(1 - \frac{A}{V_0} \times h(\vartheta)\right)$$



Densité relative de l'eau en fonction de la température.



C1.4.1 COMPOSANTS DE L'AIR

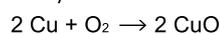
C1.4.1.1 Détermination de la teneur en oxygène de l'air

Détermination de la teneur en oxygène de l'air (C1.4.1.1)

N° de cat.	Désignation	C1.4.1.1
664 0771	Tube à réaction, quartz, GL 18	1
664 079	Rouleau de treillis métallique en cuivre, 80 x 7,5 mm Ø	1
665 912	Seringue à gaz 100 ml	1
665 914	Seringue à gaz 100 ml avec robinet à 3 voies	1
665 936	Manomètre à tube plongeur	1
666 714	Brûleur à cartouche, modèle DIN	1
666 724	Buse large en éventail	1
300 76	Laborboy II (support élévateur)	1
666 4660	Tableau magnétique, 300 mm	6
666 4665	Support magnétique, taille 5, 30...32 mm	5
666 428	Cadre profilé C 100 à 2 étages, CPS	1
667 312	Raccord en verre, 2 x GL 18	1

L'air est un mélange de différents gaz. Il est essentiellement constitué d'azote (78 %), d'oxygène (21 %), de gaz rares (1 %) et de dioxyde de carbone (0,04 %). Il comprend également des traces d'autres gaz. L'oxygène qui participe à des réactions importantes, comme par ex. à la combustion ou à la corrosion, est existentiel pour la vie sur Terre.

L'expérience C1.4.1.1 consiste à déterminer la teneur en oxygène de l'air. Pour ce faire, on se base sur le fait que certaines substances peuvent réagir de manière quantitative avec l'oxygène pour former un oxyde. À cet effet, on fait réagir l'oxygène d'un volume d'air défini avec du cuivre, puis on l'élimine sous forme d'oxyde de cuivre de l'enceinte à gaz.



La réduction de volume ainsi résultante permet de calculer facilement la teneur en oxygène de l'air d'origine en pourcentage du volume. Le gaz résiduel dénommé « azote » qui se trouve encore dans l'appareillage peut continuer à être analysé : il n'entretient pas la combustion et « étouffe » les flammes.



C1.4.1
COMPOSANTS DE L'AIR

C1.4.1.2
Détermination de la densité
de l'air

Détermination de la densité de l'air (C1.4.1.2)

N° de cat.	Désignation	C1.4.1.2
379 07	Sphère à 2 robinets (sphère de pesée gazeuse)	1
667 072	Support pour ballon rond, 250 ml	1
315 05	Balance d'enseignement et de laboratoire 311	1
375 58	Pompe manuelle pour vide	1
661 082	Graisse pour rodages, 60 g	1

Dans l'expérience C1.4.1.2, la densité de l'air est déterminée dans une sphère à deux robinets dont le volume est connu. On détermine la masse de l'air renfermé en mesurant la différence entre le poids total de la sphère remplie d'air et le poids de la sphère complètement vidée.



C1.4.2

FABRICATION DE GAZ

C1.4.2.1

Fabrication de gaz avec un appareil de Kipp

C1.4.2.2

Fabrication de gaz avec un entonnoir à robinet

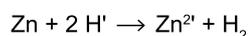
Fabrication de gaz avec un appareil de Kipp (C1.4.2.1_a)

N° de cat.	Désignation	C1.4.2.1 (a)	
		C1.4.2.1	C1.4.2.2
665 647	Générateur de gaz selon Maey	1	1
666 6221	Plateau d'expérimentation	1	1
666 623	Baguette en équerre	1	1
301 01	Noix Leybold	3	3
301 27	Tige 50 cm, 10 mm Ø	3	3
301 09	Noix double S	4	4
666 555	Pince de serrage universelle 0...80 mm	4	4
604 501	Tuyau en PVC, 7 mm Ø, 1 m	1	1
664 800	Flacon laveur, corps	2	2
664 805	Tête de flacon laveur en verre avec tige droite	2	2
665 914	Seringue à gaz 100 ml avec robinet à 3 voies	1	1
675 4800	Zinc, granulés, 100 g	1	
674 6920	Acide chlorhydrique env. 2 mol/l, 500 ml	1	
665 649	Ampoule à décantier, 75 ml		1
673 2200	Dioxyde de manganèse, 100 g		1
675 3500	Peroxyde d'hydrogène, 30 %, 250 ml		1

La réaction de différents produits chimiques, généralement une substance liquide et un solide, permet de produire une multitude de gaz. Les gaz produits peuvent ensuite être utilisés et étudiés dans d'autres expériences.

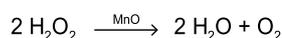
Pour nettoyer les gaz produits, on peut installer en aval des flacons laveurs, contenant par ex. du H_2SO_4 comme agent desséchant. Des réactifs appropriés permettent également de démontrer des réactions de détection.

L'expérience C1.4.2.1 fait intervenir le générateur de gaz selon Maey, qui correspond au principe de l'appareil de Kipp pour produire de l'hydrogène : de la grenaille de zinc est versée dans un tube à verre fritté. De l'acide chlorhydrique dilué est versé dans le ballon et accède au zinc via l'élément fritté. Il s'y forme de l'hydrogène.



Autres gaz pouvant être produits de manière similaire : CO_2 , H_2S et NO .

L'expérience C1.4.2.2 utilise un entonnoir à robinet, le solide étant placé dans le ballon. La réaction est commandée par l'addition goutte-à-goutte d'un liquide et le gaz peut être prélevé par le robinet latéral. Ainsi par exemple, lors de la fabrication d'oxygène, on ajoute au dioxyde de manganèse qui sert de catalyseur du peroxyde d'hydrogène qui se décompose en eau et en oxygène.



Cette variante permet de fabriquer entre autres les gaz suivants : O_2 , NH_3 , Cl_2 , HCl , SO_2 , NO_2 , CO , C_2H_2 et CH_4 .



C1.4.3 RÉACTIONS AVEC DES GAZ

C1.4.3.1 L'hydrogène comme agent réducteur

L'hydrogène comme agent réducteur (C1.4.3.1)

N° de cat.	Désignation	C1.4.3.1
664 0772	Tube à réaction, quartz, 16 cm	1
667 286	Bouchon en silicone, 16 x 21 x 25 mm, 1 trou 7 mm Ø	2
666 988	Nacelle de combustion en porcelaine	1
665 201	Tube en verre 80 x 8 mm Ø, jeu de 10	1
665 238	Buse en verre, coudé à 90°	1
666 714	Brûleur à cartouche, modèle DIN	1
666 724	Buse large en éventail	1
604 481	Tuyau en caoutchouc 1 m x 4 mm Ø, DIN 12865	1
667 198	Tuyau silicone, 2 mm Ø, 1 m	1
666 602	Rail de base 55 cm	1
666 605	Tube, 50 mm, 13 mm Ø	2
666 615	Noix universelle	3
301 09	Noix double S	3
666 555	Pince de serrage universelle 0...80 mm	2
667 7990	Balance d'analyse ABS 220-4N, 220 g : 0,0001 g	1
602 421	Flacon laveur, 250 ml	1
604 5672	Microspatule double, acier, 150 mm	1
666 4796	HydroStik PRO	1
666 4797	Vanne de régulation	1
666 4798	HydroFill PRO	1
672 9500	Oxyde de cuivre (II), poudre, 50 g	1
671 8400	Paille de fer, 50 g	1
674 7860	Acide sulfurique, 95-98 %, 500 ml	1

Des gaz peuvent également participer aux réactions chimiques. Ils sont généralement utilisés en excédent et leurs propriétés permettent une pénétration complète de l'espace de réaction. Le suivi des réactions avec des gaz est aisé, car le volume permet de déterminer facilement la quantité de substance à pression constante.

Dans l'expérience C1.4.3.1, de l'oxyde de cuivre a été réduit en cuivre élémentaire avec de l'hydrogène. L'hydrogène est un bon agent réducteur. Sa capacité de réaction s'applique non seulement à l'oxygène libre, mais aussi à des composés d'oxygène. C'est ainsi qu'on forme du métal en transformant un oxyde métallique (comme dans cette expérience) avec de l'hydrogène.



C1.5.1

EXTRACTION DE MÉTAUX

C1.5.1.1

Extraction du cuivre à partir de l'oxyde de cuivre

Extraction du cuivre à partir de l'oxyde de cuivre (C1.5.1.1)

N° de cat.	Désignation	C1.5.1.1
667 092	Mortier en porcelaine, 70 mm Ø	1
608 360	Pilon, 54 mm	1
666 502	Support pour bec Bunsen, hauteur 450 mm	1
301 09	Noix double S	1
666 555	Pince de serrage universelle 0...80 mm	1
667 050	Porte-tubes à essais en plastique, pour 9 tubes, 18 mm Ø	1
664 043	Tube à essais Fiolax, 16 x 160 mm, lot de 10	1
667 254	Bouchon en caoutchouc, 1 trou de 7 mm, 14 - 18 mm Ø	1
667 253	Bouchon en caoutchouc plein, 14 - 18 mm Ø	1
667 027	Pince brucelles, émoussée, 130 mm	1
665 231	Tube coudé à 90°, 250/50 mm	1
664 101	Bécher DURAN, 100 ml, forme basse	1
666 962	Spatule double, acier inoxydable, 150 mm	1
656 017	Bec Teclu, multigaz	1
666 729	Tuyau à gaz de sécurité, 1 m	1
672 9500	Oxyde de cuivre (II), poudre, 50 g	1
672 2490	Charbon de bois, petits morceaux, 500 g	1
672 1010	Laine de verre, 100 g	1
671 2900	Hydroxyde de calcium, 50 g	1

Les minerais qu'on trouve dans la nature sont essentiellement des oxydes et des sulfures, par ex. la magnétite (Fe_3O_4), l'hématite (Fe_2O_3), la cassitérite (SnO_2), le minerai de cuivre noir (CuO), la cuprite (Cu_2O), la pyrite (l'« or des fous », FeS_2) et la sphalérite (ZnS). La réduction permet d'extraire des métaux à partir de minerais oxydiques et des oxydes métalliques provenant de la calcination.

Dans l'expérience C1.5.1.1, du minerai de cuivre noir (CuO) est réduit en cuivre élémentaire avec du charbon de bois en guise d'agent réducteur. Le mélange de minerai de fer noir et de charbon de bois pulvérisé génère du cuivre rouge et du dioxyde de carbone. La présence de dioxyde de carbone est détectée au moyen d'une solution d'hydroxyde de calcium saturée.



C1.5.3 CORROSION

C1.5.3.1 Conditions de la corrosion du fer

Conditions de la corrosion du fer (C1.5.3.1)

N° de cat.	Désignation	C1.5.3.1
665 936	Manomètre à tube plongeur	1
667 054	Porte-tubes à essais en bois, pour 10 tubes, 32 mm Ø	1
664 045	Tube à essais Fiolax, 200 x 30 mm, lot de 10	1
665 232	Tube coudé à 90°, 50 x 50 mm	1
667 261	Bouchon en caoutchouc, 1 trou de 7 mm, 25 - 31 mm Ø	1
667 180	Tuyau caoutchouc, 1 m x 7 mm Ø	1
300 02	Pied en V, petit	2
301 28ET2	Tiges, 45 x 10 Ø mm, jeu de 2	1
301 09	Noix double S	2
666 555	Pince de serrage universelle 0...80 mm	2
664 183	Boîte de Petri, 100 mm	1
667 0344	Pincette arrondies, 145 mm	1
664 130	Bécher Boro 3.3, 250 ml, forme basse	1
666 767	Plaque chauffante, 1500 W	1
666 962	Spatule double, acier inoxydable, 150 mm	1
671 8400	Paille de fer, 50 g	1
670 8200	Benzène, 90°C-110°C, 250 ml	1
309 42	Colorant	1
672 1200	Glycérine, 99 %, 100 ml	1

On entend par corrosion la lente oxydation de surfaces métalliques sous l'influence du fluide environnant. La corrosion (rouille) détruit de grandes quantités de fer et d'acier. Dans l'industrie métallurgique, la protection anticorrosive (antirouille) revêt une grande importance.

L'expérience C1.5.3.1 étudie les conditions dans lesquelles la corrosion attaque les métaux ferreux. Des boules de paille de fer sont soumises à des conditions différentes. Dans un tube à essais, la paille de fer est recouverte d'eau bouillie, dans un autre, la paille de fer est sèche. Le troisième tube est pour sa part rincé avec de l'eau du robinet et contient encore des gouttes d'eau. Le dernier tube à essais est relié à un manomètre plongeant rempli d'eau colorée. On observe les changements sur la paille de fer et dans le manomètre. Il est manifeste que sous l'influence simultanée de l'eau et de l'oxygène sur le fer, il se forme de la rouille ainsi qu'une dépression sensible dans le dispositif.





C1.5.3 CORROSION

C1.5.3.2
Expériences avec le kit
de corrosion

C1.5.3.3
Protection anticorrosion
électrochimique

Expériences avec le kit de corrosion (C1.5.3.2)

N° de cat.	Désignation	C1.5.3.2	C1.5.3.3
664 3561	Corrosion set	1	
531 94	Ampèremètre-voltmètre	1	
501 45	Câbles d'expérimentation 19 A, 50 cm, rouge/bleu, paire	1	
501 861	Pincres crocodile nues, jeu de 6	1	
664 391ET4	Pierres ponces, jeu de 4	1	
674 7920	Acide sulfurique, dilué, env. 2 N (= 10 %), 500 ml	1	
665 756	Éprouvette graduée 500 ml, pied en plastique	1	
665 997	Pipette graduée, 10 ml	1	
666 003	Poire à pipeter	1	
665 212ET10	Baguette d'agitation en verre 200 mm x 8 mm Ø, lot de 10	1	
664 4071	Appareil de démonstration Electrochimie, CPS		1
301 339	Paire d'embases		1
664 401	Électrochimie, jeu d'accessoires		1
667 7967	Balance 200 g, 0,01 g		1
665 795	Fiole jaugée, Boro 3.3, 500 ml		1
665 793	Fiole jaugée, Boro 3.3, 100 ml		1
665 953	Compte-gouttes 150 x 7 mm, jeu de 10		1
665 954	Poires en caoutchouc, jeu de 10		1
665 008	Entonnoir PP, 50 mm Ø		1
666 967	Spatule cuillère, acier inox, 150 mm		1
673 5700	Chlorure de sodium, 250 g		1
672 6100	Hexacyanoferrate (III) de potassium, 50 g		1
674 2500	Phénolphtaléine, solution, 100 ml		1
673 1000	Magnésium, ruban, 25 g		1

L'expérience C1.5.3.2 montre que chaque type de corrosion trouve son origine dans des processus chimiques et électrochimiques. Lorsqu'ils se trouvent en même temps dans un fluide conducteur, comme par ex. de l'acide sulfurique dilué, différents métaux produisent alors une tension électrique. Cette tension augmente avec la distance entre les métaux dans la série électrochimique.

Dans l'expérience C1.5.3.3, on utilise le procédé de protection par anode sacrificielle pour empêcher la corrosion électrochimique. Cette méthode repose sur le fait que, dans des processus de corrosion électrochimiques, la vitesse dépend du potentiel de l'électrode. Si ce potentiel est décalé de l'extérieur, la corrosion peut être empêchée ou du moins sensiblement restreinte. Dans l'expérience, on utilise une électrode en zinc en guise d'anode protectrice. Le métal à protéger est relié à un métal commun conducteur ; il se forme un élément de corrosion dont le métal commun (l'anode sacrificielle) est détruit petit à petit pour que le métal plus noble conserve son intégrité.



C1.6.2

LE GROUPE DE L'OXYGÈNE

C1.6.2.1

Modification du soufre

Modification du soufre (C1.6.2.1)

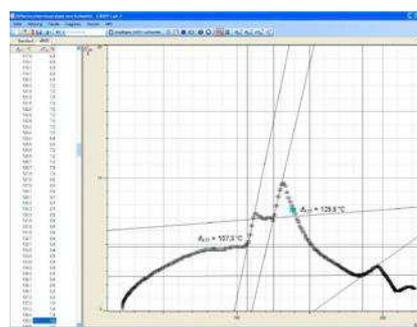
N° de cat.	Désignation	C1.6.2.1
524 018	Pocket-CASSY 2 Bluetooth	1
524 220	CASSY Lab 2	1
524 019	Accu pour Pocket-CASSY 2 Bluetooth	1*
524 0031	Dongle Bluetooth	1*
524 0673	Connecteur adaptateur NiCr-Ni S, type K	1
529 676	Sonde de température NiCr-Ni, 1,5 mm, type K	2
666 202	Bloc de chauffage p. adaptateur	1
666 203	Tubes en verre p. adaptateur	1
666 8471	Agitateur magnétique à plaque chauffante	1
666 523	Tige support 450 mm, 12 mm Ø, filetage M10	1
301 09	Noix double S	2
666 555	Pince de serrage universelle 0...80 mm	2
666 960	Microcuillère à poudre	1
667 092	Mortier en porcelaine, 70 mm Ø	1
608 360	Pilon, 54 mm	1
674 7610	Soufre, subl., 500g *	1
670 2900	Oxyde d'aluminium, 250 g	1
	Complément nécessaire : PC avec Windows XP/Vista/7/8	1

* complément recommandé

Le groupe de l'oxygène est le 6ème groupe principal du tableau périodique. Ses éléments sont également connus sous le terme de « chalcogènes », du grec ancien chalcos (minerais) et gena (naissance). Il contient les non-métaux que sont l'oxygène et le soufre, les semi-métaux que sont le sélénium et le tellure ainsi que le métal polonium.

Les éléments de ce groupe doivent absorber deux électrons pour prendre la configuration de gaz rares. Comme variante, ils peuvent former deux liaisons covalentes.

L'expérience C1.6.2.1 est vouée à l'étude plus approfondie du soufre. Le soufre présente la capacité de former des chaînes et des anneaux moléculaires, représentant ainsi l'élément ayant le plus de modifications. Ces modifications sont étudiées par une analyse thermique différentielle. Pour cela, on chauffe un échantillon de soufre et on mesure sa température. Pendant les modifications, la température de l'échantillon ne continue pas d'augmenter par rapport à une substance de contrôle. Ce n'est que lorsque la modification est terminée qu'une augmentation de la température peut à nouveau être mesurée.



Modification du soufre



C1.7.2
ACIDITÉS ET VALEURS PH

C1.7.2.1
Détermination de l'acidité
(valeur pKa) par titrage

Détermination de l'acidité (valeur pKa) par titrage (C1.7.2.1)

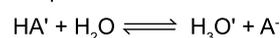
N° de cat.	Désignation	C1.7.2.1
524 018	Pocket-CASSY 2 Bluetooth	1
524 019	Accu pour Pocket-CASSY 2 Bluetooth	1*
524 0031	Dongle Bluetooth	1*
524 220	CASSY Lab 2	1
524 0672	Connecteur adaptateur pH S	1
667 4172	Électrode de pH à gaine en plastique, BNC	1
607 105	Mini-agitateur magnétique	1
666 851	Barreau aimanté, 25 mm x 6 mm Ø	1
665 845	Burette en verre clair, 25 ml, robinet latéral (PTFE)	1
666 559	Porte-burette pour 1 burette, à rouleaux	1
665 816	Entonnoir pour burette, plastique, 25 mm Ø	1
300 02	Pied en V, petit	1
300 43	Tige 75 cm, 12 mm Ø	1
301 26	Tige 25 cm, 10 mm Ø	1
300 11	Socle	1
301 09	Noix double S	1
666 555	Pince de serrage universelle 0...80 mm	1
665 997	Pipette graduée, 10 ml	1
666 003	Poire à pipeter	1
664 130	Bécher Boro 3.3, 250 ml, forme basse	1
661 243	Pissette en PE, 500 ml	1
661 082	Graisse pour rodages, 60 g	1
671 9560	Acide acétique, 0,1 mol/l, 500 ml	1
673 8410	Soude caustique 0,1 mol/l, 500 ml	1
674 2500	Phénolphtaléine, solution, 100 ml	1
674 4640	Solution tampon pH 4,00, 250 ml	1

N° de cat.	Désignation	C1.7.2.1
674 4670	Solution tampon pH 7,00, 250 ml	1
675 3400	Eau, pure, 1 l	1
	Complément nécessaire : PC avec Windows XP/Vista/7/8	1

* complément recommandé

L'acidité ou la basicité d'une solution est exprimée par la valeur pH. Celle-ci représente le logarithme décimal négatif de la concentration d'ions d'hydrogène. Les pH inférieurs à 7 sont acides, ceux supérieurs à 7 sont basiques. Le pH est déterminant pour le déroulement de nombreux processus chimiques et biochimiques et se situe normalement entre 4 et 9.

L'expérience C1.7.2.1 consiste à déterminer l'acidité (pKa) de l'acide acétique. Entre un acide HA et sa base A⁻, il se produit la réaction d'équilibre suivante en solution aqueuse :



Selon la loi d'action de masse, la position de l'équilibre est décrite par la constante d'équilibre K_a :

$$K = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \times [\text{A}^-]}{[\text{HA}] \times [\text{H}_2\text{O}]} ; K_s = K \times [\text{H}_2\text{O}] = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \times [\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$$

Par analogie avec le pH, on indique la valeur pK_a, le logarithme décimal négatif de la valeur numérique de K_a

$$pK_a = -\lg \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \times [\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$$

L'acidité est d'autant plus forte que son pK_a est faible. Numériquement, le pK_a est égal au pH lorsque la concentration de la forme protonée est égale à la concentration de la forme non protonée.



C1.7.2

ACIDITÉS ET VALEURS PH

C1.7.2.2

Étude de l'acide phosphorique triprotique par titrage

Étude de l'acide phosphorique triprotique par titrage (C1.7.2.2)

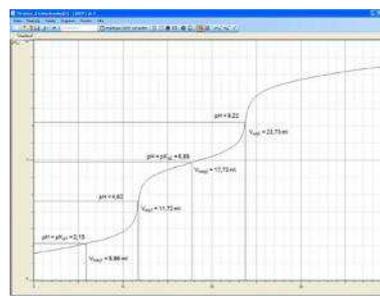
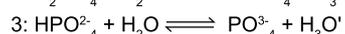
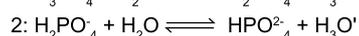
N° de cat.	Désignation	C1.7.2.2
524 013	Sensor-CASSY 2	1
524 220	CASSY Lab 2	1
524 0672	Connecteur adaptateur pH S	1
667 4172	Électrode de pH à gaine en plastique, BNC	1
524 074	Timer S	1
337 4681	Compte-gouttes	1
607 105	Mini-agitateur magnétique	1
664 103	Bécher DURAN, 250 ml, forme basse	2
665 997	Pipette graduée, 10 ml	1
666 003	Poire à pipeter	1
665 847	Burette, verre clair, 50 ml, robinet latéral	1
665 816	Entonnoir pour burette, plastique, 25 mm Ø	1
666 559	Porte-burette pour 1 burette, à rouleaux	1
300 02	Pied en V, petit	1
300 43	Tige 75 cm, 12 mm Ø	1
300 11	Socle	1
301 26	Tige 25 cm, 10 mm Ø	1
301 09	Noix double S	2
666 555	Pince de serrage universelle 0...80 mm	2
661 082	Graisse pour rodages, 60 g	1
674 3440	L'acide phosphorique, 10%, 100 ml	1
673 8421	Soude caustique 1 mol/l, 1 l	1
674 4640	Solution tampon pH 4,00, 250 ml	1
674 4670	Solution tampon pH 7,00, 250 ml	1
675 1600	Thymolphthaléine, 0,1%, 50 ml	1*
	Complément nécessaire : PC avec Windows XP/Vista/7/8	1

* complément recommandé

L'acidité ou la basicité d'une solution est exprimée par la valeur pH. Celle-ci représente le logarithme décimal négatif de la concentration d'ions d'hydrogène. Les pH inférieurs à 7 sont acides, ceux supérieurs à 7 sont basiques. Le pH est déterminant pour le déroulement de nombreux processus chimiques et biochimiques et se situe normalement entre 4 et 9.

L'acide phosphorique est un acide triprotique. Dissout dans l'eau, il cède d'abord un proton et se dissocie en dihydrogénophosphate, donc réagit comme un acide monoprotique (voir la formule 1). L'ajout de soude caustique, par ex. dans le cadre d'un titrage, entraîne d'abord la dissociation totale de l'acide phosphorique en dihydrogénophosphate.

La deuxième protolyse, donc la réaction en hydrogénophosphate (voir la formule 2), n'a lieu qu'avec un pH plus élevé (env. pH 9). La troisième protolyse exige un pH nettement plus élevé (voir la formule 3). Dans l'expérience C1.7.2.2, les deux premiers niveaux de protolyse de l'acide phosphorique sont déterminés au cours d'un titrage automatique.



Courbe de titrage de l'acide phosphorique triprotique



C1.7.3
SELS ET COMPOSÉS
IONIQUES

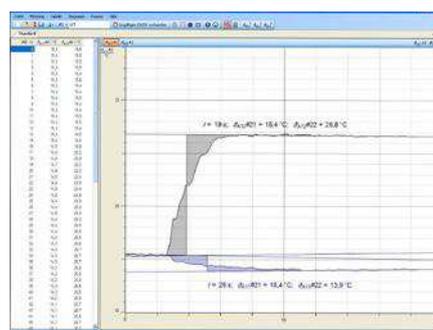
C1.7.3.1
Détermination de l'enthalpie
de dissolution de sels

Détermination de l'enthalpie de dissolution de sels (C1.7.3.1)

N° de cat.	Désignation	C1.7.3.1
386 40	Vase de Dewar, démonstration	1
524 018	Pocket-CASSY 2 Bluetooth	1
524 019	Accu pour Pocket-CASSY 2 Bluetooth	1
524 0031	Dongle Bluetooth	1
524 220	CASSY Lab 2	1
529 676	Sonde de température NiCr-Ni, 1,5 mm, type K	1
524 0673	Connecteur adaptateur NiCr-Ni S, type K	1
664 155	Verre de montre, 100 mm	1
607 105	Mini-agitateur magnétique	1
300 11	Socle	1
301 26	Tige 25 cm, 10 mm Ø	1
301 09	Noix double S	1
602 953	Éprouvette graduée Boro 3.3, 100 ml, pied en verre	1
667 7977	Balance compacte 200 g : 0,01 g	1
666 968	Spatule cuillère, acier inoxydable, 180 mm	1
673 0510	Chlorure de lithium, 100 g	1
672 5210	Chlorure de potassium, 250 g	1
673 5710	Chlorure de sodium, 500 g	1
	Complément nécessaire : PC avec Windows XP/Vista/7/8	1

Les sels sont des composés chimiques à base d'ions. Souvent, le cation chargé positivement est un métal et l'anion chargé négativement un non-métal, comme par exemple dans le cas du chlorure de sodium (sel de cuisine). Dans les solvants polaires comme l'eau, les sels se dissolvent en formant des ions hydratés. Lorsqu'on dissout un sel dans l'eau, il peut chauffer ou refroidir. On parle alors d'une enthalpie négative (qui cède de la chaleur) ou positive (qui absorbe de la chaleur). La dissolution du cristal nécessite ce qu'on appelle l'énergie de changement de structure. En revanche, l'hydratation libère de l'énergie. Les enthalpies de dissolution sont difficiles à calculer avec précision, ce pour quoi elles sont plutôt déterminées expérimentalement.

Dans l'expérience C1.7.3.1, on détermine l'enthalpie de dissolution de différents sels de chlorure. Pour cela, on dissout les sels LiCl, KCl et NaCl dans le vase de Dewar de démonstration transparent. Le changement de température permet de calculer l'enthalpie de dissolution.



Chaleur de dissolution de différents sels



C1.7.3

SELS ET COMPOSÉS IONIQUES

C1.7.3.2

Détermination du produit de solubilité d'halogénures d'argent

Détermination du produit de solubilité d'halogénures d'argent (C1.7.3.2)

N° de cat.	Désignation	C1.7.3.2
531 836	Instrument de mesure universel Chimie	1
524 0621	Capteur UIP S	1
664 137	Bécher Boro 3.3, 100 ml, forme haute	5
665 754	Éprouvette graduée 100 ml, pied en plastique	1
667 455	Tube en U pour pont salin, 90 mm x 90 mm, 20 mm Ø	1
667 255	Bouchon en caoutchouc plein, 16 ... 21 mm Ø	1
664 130	Bécher Boro 3.3, 250 ml, forme basse	1
664 421	Électrodes d'argent en plaque, 55 x 40 mm, jeu de 2	1
501 861	Pincés crocodile nues, jeu de 6	1
501 44	Câbles d'expérimentation 19 A, 25 cm, rouge/bleu, paire	1
667 7977	Balance compacte 200 g : 0,01 g	1
300 11	Socle	1
300 42	Tige 47 cm, 12 mm Ø	1
301 09	Noix double S	1
666 555	Pince de serrage universelle 0...80 mm	1
665 953	Compte-gouttes 150 x 7 mm, jeu de 10	1
665 954	Poires en caoutchouc, jeu de 10	1
665 009	Entonnoir PP, 75 mm Ø	1
674 8800	Solution de nitrate d'argent, 0,1 mol/l, 250 ml	1
670 3600	Solution ammoniacale, 25 %, 250 ml	1
673 5740	Solution de chlorure de sodium, 500 ml, env. 1M, pour l'électrochimie	1
672 4930	Solution de bromure de potassium, 250 ml	1
672 6620	Iodure de potassium, 50 g	1
672 6800	Nitrate de potassium, 100 g	1

Les sels sont des composés chimiques à base d'ions. Souvent, le cation chargé positivement est un métal et l'anion chargé négativement un non-métal, comme par exemple dans le cas du chlorure de sodium (sel de cuisine). Dans les solvants polaires comme l'eau, les sels se dissolvent en formant des ions hydratés.

L'expérience C1.7.3.2 permet de déterminer le produit de solubilité de sels d'argent. Le produit de solubilité est le produit des concentrations de cations et d'anions d'un électrolyte dans une solution aqueuse saturée à température constante. Dans une solution de sels saturée, on observe un équilibre chimique entre le dépôt au fond et la solution, c'est-à-dire que la quantité d'ions quittant le cristal ionique dans une unité de temps est la même que celle qui y pénètre. Une mesure de tension et l'équation de Nernst permettent de déterminer le produit de solubilité de sels difficilement solubles AgCl, AgBr et AgI.

C2 CHIMIE ORGANIQUE

C2.1	COMPOSÉS ORGANIQUES	58-59
C2.1.1	COMPOSITION DE COMPOSÉS ORGANIQUES	58
C2.1.2	HYDROCARBURES	59
C2.2	RÉACTIONS EN CHIMIE ORGANIQUE	60
C2.2.2	RÉACTIONS D'OXYDATION	60
C2.3	PÉTROCHIMIE	61-64
C2.3.1	COMPOSÉS ORGANIQUES COMME COMBUSTIBLES	61
C2.3.2	DU PÉTROLE BRUT AU PRODUIT PÉTROLIER	62-63
C2.3.3	PROPRIÉTÉS DE PRODUITS PÉTROCHIMIQUES	64
C2.4	SYNTHÈSE ET PURIFICATION DE COMPOSÉS ORGANIQUES	65-70
C2.4.1	SYNTHÈSE DE COMPOSÉS ORGANIQUES	65
C2.4.2	L'EXTRACTION COMME PROCÉDÉ DE PURIFICATION	66-67
C2.4.3	LA DISTILLATION COMME PROCÉDÉ DE PURIFICATION	68-69
C2.4.4	LA CHROMATOGRAPHIE SUR COLONNE COMME PROCÉDÉ DE PURIFICATION	70



Détermination quantitative du carbone (C2.1.1.1)

C2.1.1 COMPOSITION DE COMPOSÉS ORGANIQUES

C2.1.1.1
Détermination quantitative
du carbone

C2.1.1.2
Détermination quantitative
de l'hydrogène

N° de cat.	Désignation	C2.1.1.1	C2.1.1.2
664 069	Tube à réaction	1	1
665 374	Tube de séchage, 1 GL 25 + 1 GL 18	2	2
665 914	Seringue à gaz 100 ml avec robinet à 3 voies	2	2
656 017	Bec Teclu, multigaz	1	1
666 724	Buse large en éventail	1	1
666 729	Tuyau à gaz de sécurité, 1 m	1	1
666 603	Rail de base 95 cm	1	1
666 609ET2	Tubes, 450 mm, 10 mm Ø, jeu de 2	2	2
666 615	Noix universelle	4	4
301 09	Noix double S	5	5
666 555	Pince de serrage universelle 0...80 mm	4	3
301 72	Pince de fixation universelle	1	1
666 962	Spatule double, acier inoxydable, 150 mm	1	1
665 994	Pipette graduée, 1 ml	1	1
666 003	Poire à pipeter	1	1
667 180	Tuyau caoutchouc, 1 m x 7 mm Ø	1	1
604 481	Tuyau en caoutchouc 1 m x 4 mm Ø, DIN 12865	1	1
665 004	Entonnoir Boro 3.3, 80 mm Ø	1	1
604 510	Raccord de tuyaux, PP, droit, 4/15 mm Ø	1	1
661 000	Bouteille de gaz comprimé Minican, azote	1	1
660 989	Bouteille de gaz comprimé Minican, n-butane	1	1
660 980	Soupape de réglage de précision pour bouteille de gaz comprimé Minican	1	1
667 034	Pince brucelles, émoussée, 200 mm	1	1
672 9410	Oxyde de cuivre sous forme de fil, 250 g	1	1
671 2410	Chlorure de calcium, granulaire, 250 g	1	1

N° de cat.	Désignation	C2.1.1.1	C2.1.1.2
674 4310	Alcool propylique, 250 ml	1	1
672 1010	Laine de verre, 100 g	1	1
665 918	Support pour seringue à gaz		1
667 7990	Balance d'analyse ABS 220-4N, 220 g : 0,0001 g		1
667 605	Écran de protection		1
OHS PU123	Balance SPU123		1

Pour déterminer la composition chimique de composés organiques, on effectue une analyse élémentaire quantitative. De nos jours, pour déterminer le carbone et l'hydrogène, on utilise aussi l'analyse par combustion.

Dans l'expérience C2.1.1.1, on détermine quantitativement la teneur en carbone d'un composé organique. Au cours d'une analyse par combustion, la substance est passée à env. 800 °C - 900 °C sur de l'oxyde de cuivre (II) incandescent. Le carbone est transformé en CO₂ et l'hydrogène en H₂O. Le gaz qui se forme alors, du CO₂, est recueilli dans une seringue à gaz et son volume mesuré.

Dans l'expérience C2.1.1.2, on détermine quantitativement la teneur en hydrogène d'un composé organique. On effectue également une analyse par combustion, au cours de laquelle le carbone est transformé en CO₂ et l'hydrogène en H₂O. À partir de la différence de poids des tubes secs, on détermine la teneur en eau et ensuite la part d'hydrogène.



C2.1.2 HYDROCARBURES

C2.1.2.1 Analyse thermique des hydrocarbures

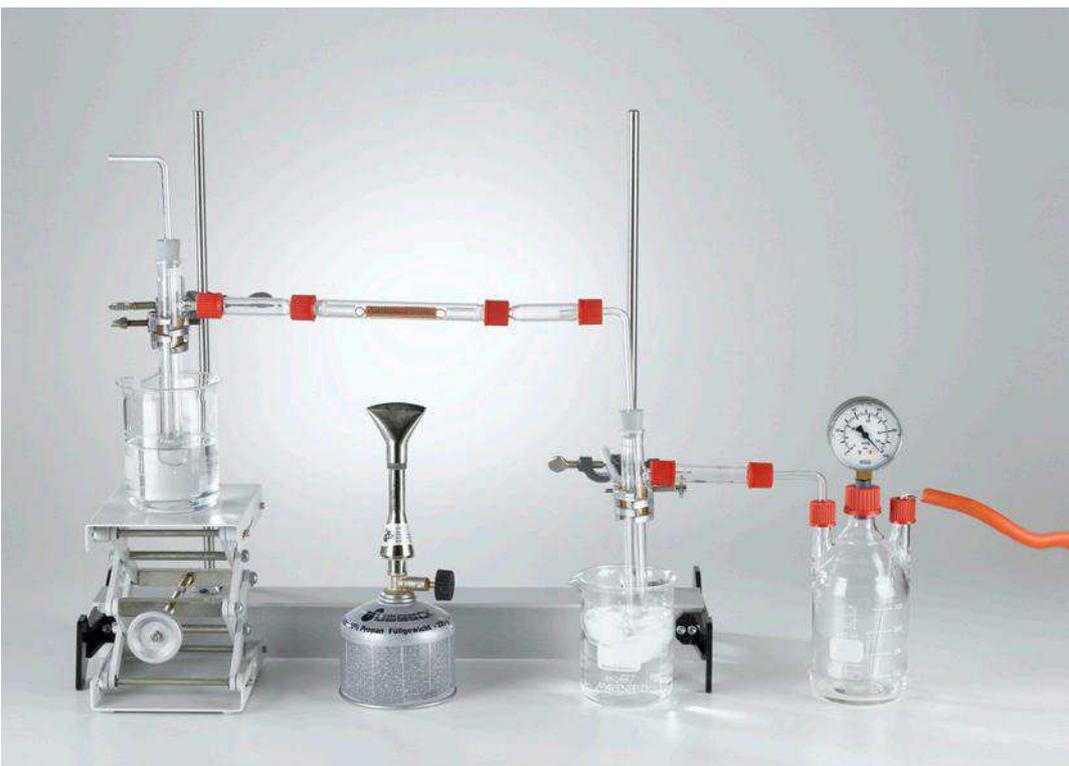
Analyse thermique des hydrocarbures (C2.1.2.1)

N° de cat.	Désignation	C2.1.2.1
666 428	Cadre profilé C 100 à 2 étages, CPS	1
666 460	Chambre de combustion à fil incandescent	1
666 4660	Tableau magnétique, 300 mm	2
666 4664	Support magnétique, taille 4, 27...29 mm	4
665 914	Seringue à gaz 100 ml avec robinet à 3 voies	2
666 468	Plaque vierge 300 mm, CPS	1
666 467	Plaque vierge 200 mm, CPS	1
726 21	Plate-forme pour appareils, 350 mm	1
501 45	Câbles d'expérimentation 19 A, 50 cm, rouge/bleu, paire	1
521 55	Alimentation à courant fort	1
660 987	Bouteille de gaz comprimé Minican, méthane	1
660 988	Bouteille de gaz comprimé Minican, éthane	1
660 980	Soupape de réglage de précision pour bouteille de gaz comprimé Minican	1
667 194	Tuyau silicone, 7 mm Ø, 1 m	1
604 510	Raccord de tuyaux, PP, droit, 4/15 mm Ø	1
667 197	Tuyau silicone, 4 mm Ø, 1 m	1
664 042	Tube à essais Fiolax, 16 x 160 mm, lot de 100	1
667 052	Porte-tubes à essais en bois, pour 12 tubes, 18 mm Ø, 6 tiges d'égouttage	1
656 016	Bec Bunsen, multigaz	1
666 729	Tuyau à gaz de sécurité, 1 m	1
667 605	Écran de protection	1

Les hydrocarbures sont des composés ne contenant que du carbone et de l'hydrogène. On distingue les alcanes, les alcènes et les alcynes. Les alcanes sont des hydrocarbures saturés. Chaque atome C forme quatre liaisons simples. Les liaisons d'hydrocarbure non saturées possèdent des liaisons multiples. Les alcènes ont au moins une double liaison, les alcynes contiennent une liaison triple.

Les hydrocarbures se présentent dans des chaînes ouvertes courtes ou longues, avec d'éventuelles dérivations, et peuvent également être constitués de molécules annulaires.

Pour déterminer le nombre d'atomes d'hydrogène en comparaison avec les atomes de carbone, on peut décomposer les hydrocarbures dans leurs éléments par fission thermique. Avec des hydrocarbures gazeux, on peut le réaliser dans une chambre de combustion à fil incandescent. Le gaz est décomposé en hydrogène et en suie (carbone). L'augmentation du volume de gaz permet de déduire directement le rapport entre l'hydrogène et le carbone dans le composé. Dans l'expérience C2.1.2.1, on étudie ainsi les gaz méthane et éthane.



C2.2.2
RÉACTIONS D'OXYDATION

C2.2.2.1
Oxydation du propanol

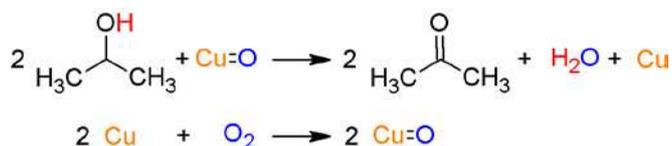
Oxydation du propanol (C2.2.2.1)

N° de cat.	Désignation	C2.2.2.1
666 602	Rail de base 55 cm	1
664 0771	Tube à réaction, quartz, GL 18	1
664 078	Toile en cuivre 10 x 60 mm	1
667 313	Raccord en verre, 1 x GL 18, 1 x olive	2
665 9351	Flacon de Woulf avec manomètre	1
667 312	Raccord en verre, 2 x GL 18	1
667 186	Tuyau pour vide, 8 mm Ø	1
375 56	Trompe à eau	1
666 555	Pince de serrage universelle 0...80 mm	2
301 09	Noix double S	2
666 615	Noix universelle	2
666 609ET2	Tubes, 450 mm, 10 mm Ø, jeu de 2	1
664 051	Tube à essais Boro 3.3, 20 x 180 mm, Ø int. du col 19	2
667 256	Bouchon en caoutchouc, 1 trou de 7 mm, 16 - 21 mm Ø	2
665 231	Tube soudé à 90°, 250/50 mm	2
666 714	Brûleur à cartouche, modèle DIN	1
666 724	Buse large en éventail	1
664 114	Bécher DURAN, 400 ml, forme haute	2
300 76	Laborboy II (support élévateur)	1
666 963	Spatule cuillère, acier inoxydable, 120 mm	1
664 442	Écuelle d'évaporation, Ø 80 mm	1
667 035	Pince pour creuset, 200 mm	1
608 010	Trépied, 24 cm x 14 cm Ø	1
666 685	Toile calorifuge, 160 mm x 160 mm	1
661 083ET20	Bâtonnet en bois, lot de 200	1
667 026	Pince brucelles, pointue, 130 mm	1

N° de cat.	Désignation	C2.2.2.1
667 605	Écran de protection	1
672 1010	Laine de verre, 100 g	1
672 1210	Glycérine, 99%, 250 ml	1
674 4400	Isopropanol, 250 ml	1
672 9710	Cuivre(II)sulfate, anhydre, 250 g	1
	Complément nécessaire : Eau froide, glace, eau chaude (60 °C)	

En chimie organique, on observe également des réactions d'oxydation et de réduction. Il s'agit de réactions de transfert d'oxygène, par ex. l'oxydation d'alcools en acides de carbone, ou de réactions de transfert d'hydrogène qui transfèrent formellement un ion hybride (H⁻). Mais les réactions redox peuvent aussi être radicalaires ou avoir lieu par des mécanismes de refoulement ou d'addition-élimination.

L'expérience C2.2.2.1 présente l'acétone. L'alcool secondaire 2-propanol est oxydé en 2-propanone (acétone). Comme agent oxydant, on utilise de l'oxyde de cuivre (CuO) qui, à température élevée, cède l'oxygène à des substances réductrices. Mais le cuivre métallique est immédiatement réoxydé par l'apport permanent d'air. Pour proposer une surface Cu-CuO assez grande, on utilise une grille de cuivre enroulée ayant subi un début d'oxydation.





C2.3.1
COMPOSÉS ORGANIQUES
COMME COMBUSTIBLES

C2.3.1.1
Le pouvoir calorifique du charbon

C2.3.1.3
Le pouvoir calorifique du fuel

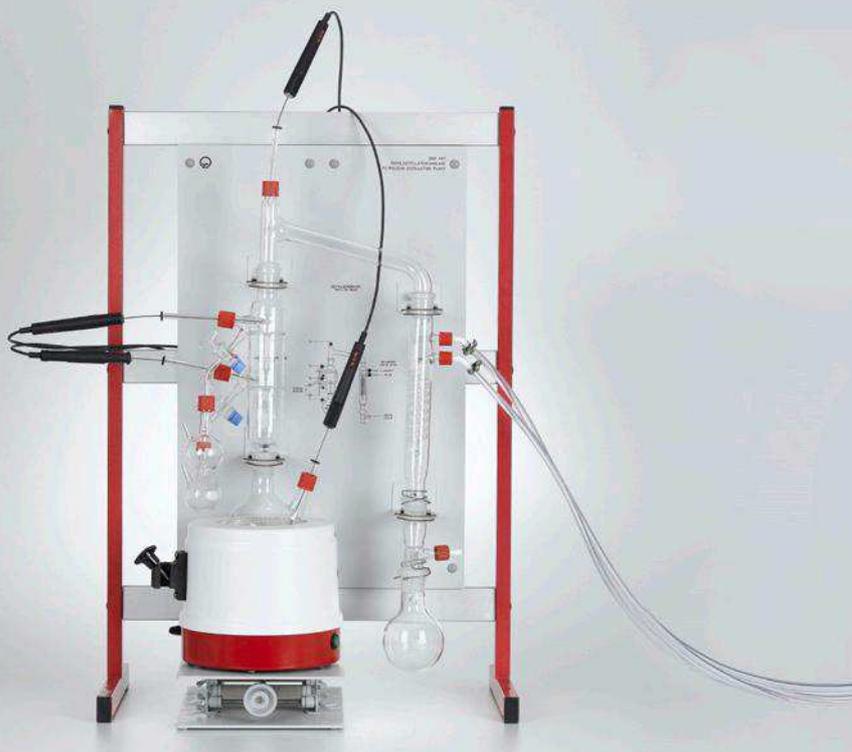
Le pouvoir calorifique du charbon (C2.3.1.1)

N° de cat.	Désignation	C2.3.1.1	C2.3.1.3
666 429	Calorimètre pour solides et liquides, CPS	1	1
666 819	Agitateur à filetage GL 32	1	1
666 428	Cadre profilé C 100 à 2 étages, CPS	1	1
666 4660	Tableau magnétique, 300 mm	2	2
666 4664	Support magnétique, taille 4, 27...29 mm	4	4
664 800	Flacon laveur, corps	4	4
664 805	Tête de flacon laveur en verre avec tige droite	4	4
665 392ET10	Pincen en plastique pour rodage, RN 29/32, jeu de 10	1	
667 312	Raccord en verre, 2 x GL 18	3	3
301 312	Console	1	1
726 21	Plate-forme pour appareils, 350 mm	1	1
521 231	Transformateur variable TBT 3/6/9/12 V	1	1
524 013	Sensor-CASSY 2	1	1
524 220	CASSY Lab 2	1	1
524 0673	Connecteur adaptateur NiCr-Ni S, type K	1	1
529 676	Sonde de température NiCr-Ni, 1,5 mm, type K	1	1
667 183	Tuyau caoutchouc, 1 m x 8 mm Ø	1	1
604 510	Raccord de tuyaux, PP, droit, 4/15 mm Ø	1	1
667 197	Tuyau silicone, 4 mm Ø, 1 m	1	1
521 546	Alimentation CC 0...16 V/0...5 A	1	1
501 45	Câbles d'expérimentation 19 A, 50 cm, rouge/bleu, paire	3	3
667 7977	Balance compacte 200 g : 0,01 g	1	1
ADA HCB3001	Balance compacte, 3000 g : 0,1 g	1	1
667 092	Mortier en porcelaine, 70 mm Ø	1	
608 360	Pilon, 54 mm	1	
660 998	Bouteille de gaz comprimé Minican, oxygène	1	1

N° de cat.	Désignation	C2.3.1.1	C2.3.1.3
660 980	Soupape de réglage de précision pour bouteille de gaz comprimé Minican	1	1
674 9340	Charbon, morceaux, 250 g	1	
673 8420	Solution de soude caustique, 1 mol/l, 500 ml	1	1
674 7850	Acide sulfurique, 95-98 %, 250 ml	1	1
661 082	Graisse pour rodages, 60 g	1	1
665 953	Compte-gouttes 150 x 7 mm, jeu de 10		1
665 954	Poires en caoutchouc, jeu de 10		1
672 1740	Fioul, 250 ml		1
	Complément nécessaire : PC avec Windows XP/Vista/7/8	1	1

Dans l'expérience C2.3.1.1, on brûle du charbon et on détermine le pouvoir calorifique supérieur à l'aide d'un calorimètre. Le calorimètre enveloppe complètement la chambre de combustion sur le côté et par le haut. Les gaz de combustion chauds obtenus sont conduits à travers une double spirale en verre et cèdent leur énergie thermique à l'environnement (corps en verre et liquide du bain). La capacité thermique totale du calorimètre permet ainsi de déterminer le pouvoir calorifique supérieur.

Dans l'expérience C2.3.1.3., on détermine le pouvoir calorifique supérieur du fuel à l'aide d'un calorimètre de démonstration.



C2.3.2 DU PÉTROLE BRUT AU PRODUIT PÉTROLIER

C2.3.2.1 Distillation fractionnée du pétrole avec une colonne à plateaux

Distillation fractionnée du pétrole avec une colonne à plateaux (C2.3.2.1)

N° de cat.	Désignation	C2.3.2.1
666 447	Distillation du pétrole, CPS	1
666 425	Cadre profilé C 50 à 2 étages, CPS	1
524 013	Sensor-CASSY 2	1
524 220	CASSY Lab 2	1
524 0673	Connecteur adaptateur NiCr-Ni S, type K	2
529 676	Sonde de température NiCr-Ni, 1,5 mm, type K	4
666 6533	Chauffe-ballon 500 ml, réglable	1
300 75	Laborboy I (support élévateur)	1
666 659	Pince de fixation pour chauffe-ballons	1
666 194	Gaines de protection pour sondes de température, jeu de 5	1
665 755	Éprouvette graduée 250 ml, pied en plastique	1
604 501	Tuyau en PVC, 7 mm Ø, 1 m	3
604 460	Collier de serrage 8...12 mm	3
664 241	Fiole Erlenmeyer, 100 ml, col étroit, Ø int. du col 19	3
667 281	Bouchons en liège, assortiment de 100 bouchons	3
661 0771	Mentions d'avertissement selon le SGH	1
661 081	Feuille d'aluminium, 1 rouleau	1
667 026	Pince brucelles, pointue, 130 mm	1
608 311	Capsule d'évaporation, 72 ml	3
667 605	Écran de protection	1
661 083ET20	Bâtonnet en bois, lot de 200	1
674 5840	Pétrole brut, artificiel, 1 L	1
661 091	Pierres d'ébullition	1
661 082	Graisse pour rodages, 60 g	1
672 1200	Glycérine, 99 %, 100 ml	1
	Complément nécessaire : PC avec Windows XP/Vista/7/8	1

Les principales matières premières utilisées dans l'industrie chimique organique sont le pétrole et le gaz naturel. Elles ont été formées il y a très longtemps à partir de la biomasse par des processus biochimiques et géochimiques. En raison de son origine, le pétrole est classé parmi les combustibles fossiles, avec le gaz naturel et le charbon.

Dans leur état naturel, ces combustibles et matières premières ne peuvent pas être utilisés immédiatement. Ils doivent d'abord être transformés à l'aide de différents procédés physiques et chimiques. C'est ce qui se passe dans les raffineries de pétrole. Différents procédés y sont appliqués pour fabriquer les produits pétroliers souhaités ou des produits chimiques primaires pour l'industrie chimique.

Dans un premier temps, le pétrole est séparé en différentes fractions par distillation fractionnée. Ce faisant, il n'est pas possible d'isoler des substances individuelles étant donné que les points d'ébullition sont très proches les uns des autres. Il s'agit plutôt de saisir les hydrocarbures de différentes plages d'ébullition.

En chimie technique, la distillation du pétrole a lieu dans des colonnes à plateaux à calottes, ainsi qu'étudié dans l'expérience C2.3.2.1. L'installation présente deux plateaux à calottes, ce qui permet de soutirer plusieurs fractions en même temps.



C2.3.2
DU PÉTROLE BRUT AU
PRODUIT PÉTROLIER

C2.3.2.3
Craquage catalytique

Craquage catalytique (C2.3.2.3)

N° de cat.	Désignation	C2.3.2.3
665 338	Pont à distiller de Claisen, 250 mm	1
664 301	Ballon à fond rond Boro 3.3, 250 ml, RN 19/26	1
664 300	Ballon à fond rond Boro 3.3, 100 ml, RN 19/26	1
664 105	Bécher DURAN, 600 ml, forme basse	1
667 072	Support pour ballon rond, 250 ml	1
665 391ET10	Pince en plastique pour rodage, RN 19/26, jeu de 10	1
665 237	Buse en verre droite, 8 mm Ø	1
665 255	Robinet à 3 voies en T, robinet RN	1
665 914	Seringue à gaz 100 ml avec robinet à 3 voies	1
667 256	Bouchon en caoutchouc, 1 trou de 7 mm, 16 - 21 mm Ø	1
666 161	Thermomètre chimique, -10 ... +220 °C/1 K	1
666 6522	Chauffe-ballon 250 ml	1
300 76	Laborboy II (support élévateur)	2
666 4660	Tableau magnétique, 300 mm	6
666 4662	Support magnétique, taille 2, 11...14 mm	2
666 4663	Support magnétique, taille 3, 18...22 mm	2
666 4661	Support magnétique, taille 1, 9...11 mm	1
666 4665	Support magnétique, taille 5, 30...32 mm	1
666 428	Cadre profilé C 100 à 2 étages, CPS	1
664 153	Verre de montre, 60 mm Ø	2
661 083ET20	Bâtonnet en bois, lot de 200	1
664 043	Tube à essais Fiolax, 16 x 160 mm, lot de 10	1
667 052	Porte-tubes à essais en bois, pour 12 tubes, 18 mm Ø, 6 tiges d'égouttage	1*
604 170	Entonnoir de poudre, 65 mm	1
665 997	Pipette graduée, 10 ml	1

N° de cat.	Désignation	C2.3.2.3
666 003	Poire à pipeter	1
665 754	Éprouvette graduée 100 ml, pied en plastique	1
661 082	Graisse pour rodages, 60 g	1
674 0800	Paraffine, épaisse, 100 ml	1
674 1980	Catalyseur en suspension, 100 g	1
671 8400	Paille de fer, 50 g	1
672 1210	Glycérine, 99%, 250 ml	1

* complément recommandé

Une distillation permet seulement d'extraire les substances qui sont contenues naturellement dans le pétrole. Mais comme la part d'essence dans le pétrole ne suffit pas pour couvrir les besoins, on a développé des procédés de conversion. En font partie le craquage thermique mais aussi le craquage catalytique tel qu'il est réalisé dans l'expérience C2.3.2.3. On craque de l'huile de paraffine sous l'effet de la chaleur et en présence d'un catalyseur puis on recueille les fractions gazeuses et liquides.



C2.3.3

PROPRIÉTÉS DE PRODUITS PÉTROCHIMIQUES

C2.3.3.1

Analyse par ébullition de l'essence

C2.3.3.2

Analyse par ébullition et distillation fractionnée du pétrole

Analyse par ébullition de l'essence (C2.3.3.1)

N° de cat.	Désignation	C2.3.3.1	C2.3.3.2
524 018	Pocket-CASSY 2 Bluetooth	1	1
524 220	CASSY Lab 2	1	1
524 019	Accu pour Pocket-CASSY 2 Bluetooth	1*	1*
524 0031	Dongle Bluetooth	1*	1*
524 0673	Connecteur adaptateur NiCr-Ni S, type K	1	1
529 676	Sonde de température NiCr-Ni, 1,5 mm, type K	1	1
665 338	Pont à distiller de Claisen, 250 mm	1	1
664 301	Ballon à fond rond Boro 3.3, 250 ml, RN 19/26	1	1
667 072	Support pour ballon rond, 250 ml	1	1
665 391ET10	Pince en plastique pour rodage, RN 19/26, jeu de 10	1	1
604 501	Tuyau en PVC, 7 mm Ø, 1 m	2	1
604 460	Collier de serrage 8...12 mm	2	2
665 754	Éprouvette graduée 100 ml, pied en plastique	1	1
667 305	Capuchon à vis GL 18 avec trou	1	1
667 295	Joint en silicone GL 18/8, jeu de 10	1	1
666 194	Gaines de protection pour sondes de température, jeu de 5	1	1
666 6523	Chauffe-ballon 250 ml, réglable	1	1
300 76	Laborboy II (support élévateur)	1	2
666 4659	Tableau magnétique, 500 mm	2	2
666 4662	Support magnétique, taille 2, 11...14 mm	2	2
666 4663	Support magnétique, taille 3, 18...22 mm	2	2
666 425	Cadre profilé C 50 à 2 étages, CPS	1	1
661 091	Pierres d'ébullition	1	1
670 8200	Benzène, 90°C-110°C, 250 ml	1	1
661 082	Graisse pour rodages, 60 g	1	1
665 354	Récepteur de distillation selon Bredt	1	1

N° de cat.	Désignation	C2.3.3.1	C2.3.3.2
664 300	Ballon à fond rond Boro 3.3, 100 ml, RN 19/26		4
667 071	Support pour ballon rond, 100 ml		4
667 227	Bouchon à rodage normalisé, verre clair, RN 19/26		4
661 0771	Mentions d'avertissement selon le SGH		1
664 131	Bécher Boro 3.3, 400 ml, forme basse		1
661 081	Feuille d'aluminium, 1 rouleau		1
664 153	Verre de montre, 60 mm Ø		4
665 997	Pipette graduée, 10 ml		1
666 002	Pipeteur 10 ml		1
313 12	Chronomètre numérique manuel		1
674 5840	Pétrole brut, artificiel, 1 L		1
	Complément nécessaire : PC avec Windows XP/Vista/7/8	1	1

* complément recommandé

On distingue les différents groupes d'hydrocarbures en fonction de leur point d'ébullition. Ainsi par exemple, l'essence est le mélange d'hydrocarbures qui arrive à ébullition entre 40 et 220 °C.

La fraction d'essence est à son tour divisée en plusieurs sous-groupes, appelés essences spéciales. Ainsi par exemple, l'essence minérale arrive à ébullition entre 40 et 70 °C et l'essence normale entre 65 et 90 °C. L'expérience C2.3.3.1 permet de réaliser une analyse par ébullition (ou distillation) avec de l'essence. Différentes fractions d'essence sont réchauffées dans un dispositif de distillation pour déterminer la plage d'ébullition.

Les fractions de différentes plages d'ébullition peuvent être séparées dans une distillation fractionnée de pétrole brut. L'expérience C2.3.3.2 propose une distillation fractionnée de pétrole, les fractions étant caractérisées à l'aide de leur point d'ébullition.



C2.4.1
SYNTHÈSE DE COMPOSÉS
ORGANIQUES

C2.4.1.1
Synthèse et utilisation de l'indigo

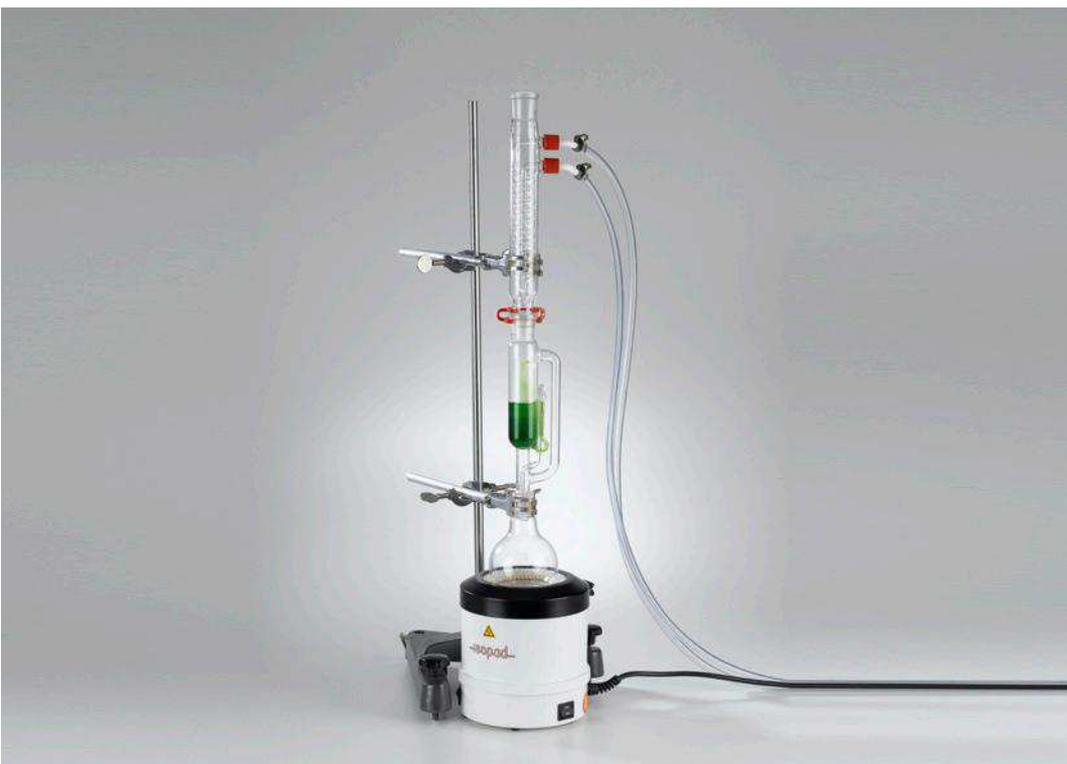
Synthèse et utilisation de l'indigo (C2.4.1.1)

N° de cat.	Désignation	C2.4.1.1
664 246	Flie Erlenmeyer DURAN, 100 ml, col large	1
665 161	Entonnoir de Büchner en porcelaine, 45 mm Ø	1
661 030	Filtres ronds, type 595, 40 mm Ø, lot de 100	1
665 060	Joint coniques en caoutchouc, jeu de 7	1
664 865	Flie à filtrer 250 ml	1
382 21	Thermomètre agitateur, -30...+110 °C/1 K	1
666 967	Spatule cuillère, acier inox, 150 mm	1
665 751	Éprouvette graduée 10 ml, pied en plastique	1
665 754	Éprouvette graduée 100 ml, pied en plastique	1
665 996	Pipette graduée, 5 ml	3
666 003	Poire à pipeter	1
665 953	Compte-gouttes 150 x 7 mm, jeu de 10	1
665 954	Poires en caoutchouc, jeu de 10	1
664 103	Bécher DURAN, 250 ml, forme basse	1
664 101	Bécher DURAN, 100 ml, forme basse	2
664 154	Verre de montre, 80 mm	1
667 7977	Balance compacte 200 g : 0,01 g	1
375 56	Trompe à eau	1
667 186	Tuyau pour vide, 8 mm Ø	1
666 839	Agitateur magnétique chauffant	1
673 9390	2-nitrobenzaldéhyde, 5 g	1
670 0410	Acétone, 1 l	1
673 8420	Solution de soude caustique, 1 mol/l, 500 ml	1
671 9711	Ethanol, absolu, 500 ml	1
671 6700	Diéthyléther, 250 ml	1

N° de cat.	Désignation	C2.4.1.1
673 6310	Dithionite de sodium, 250 g	1
673 6810	Hydroxyde de sodium, pastilles, 250 g	1
	Complément nécessaire : tissu de coton blanc	1

La synthèse de nouveaux composés représente un élément majeur de la chimie organique. Comme le carbone et les hétéroatomes oxygène, azote et soufre peuvent être combinés entre eux dans de très nombreuses combinaisons, le nombre de composés caractérisés augmente d'une année à l'autre. Chaque synthèse d'un nouveau composé comprend la réalisation d'une réaction chimique, suivie de l'épuration du mélange de réaction.

L'indigo est un colorant qui peut être représenté dans une synthèse organique simple. Au cours d'une réaction de condensation, le *o*-nitrobenzaldéhyde réagit avec de l'acétone pour donner de l'isatine. Celle-ci se dimérise pour former de l'indigo. L'indigo n'est pas soluble dans l'eau et peut être filtré aisément après la réaction. Cette réaction est réalisée dans l'expérience C2.4.1.1 et l'indigo ainsi préparé est utilisé pour la coloration.



C2.4.2

L'EXTRACTION COMME PROCÉDÉ DE PURIFICATION

C2.4.2.1

Extraction Soxhlet à partir
de feuilles

Extraction Soxhlet à partir de feuilles (C2.4.2.1)

N° de cat.	Désignation	C2.4.2.1
665 453	Extracteur de Soxhlet, 70 ml	1
665 422	Réfrigérant à serpentin de Dimroth, 250 mm	1
664 301	Ballon à fond rond Boro 3.3, 250 ml, RN 19/26	1
665 391ET10	Pince en plastique pour rodage, RN 19/26, jeu de 10	1
665 392ET10	Pincettes en plastique pour rodage, RN 29/32, jeu de 10	1
666 6523	Chauffe-ballon 250 ml, réglable	1
300 76	Laborboy II (support élévateur)	1
300 01	Pied en V, grand	1
300 43	Tige 75 cm, 12 mm Ø	1
666 555	Pince de serrage universelle 0...80 mm	2
301 09	Noix double S	2
667 193	Tuyau PVC, 7 mm Ø, 1 m	2
604 460	Collier de serrage 8...12 mm	2
661 050	Cartouches d'extraction 80 x 26 mm Ø, jeu de 25	1
667 027	Pince brucelles, émoussée, 130 mm	1
602 954	Éprouvette graduée Boro 3.3, 250 ml, pied en verre	1
667 7977	Balance compacte 200 g : 0,01 g	1
661 167	Flacon cylindro-cônique en verre brun, 250 ml, col étroit, bouchon en verre	1
665 005	Entonnoir Boro 3.3, 100 mm Ø	1
671 9720	Éthanol, solvant, 1 l	1
661 082	Graisse pour rodages, 60 g	1
661 091	Pierres d'ébullition	1
	Complément nécessaire : feuilles sèches et finement hachées	1

On entend par extraction la séparation de différentes substances du produit d'extraction, un mélange liquide ou solide de substances. Il faut pour cela un solvant approprié, l'agent d'extraction, dans lequel se dissout tout au plus la substance à extraire (l'extrait).

Pour effectuer une extraction à partir de solides peu solubles ou insolubles, on procède, comme dans l'expérience C2.4.2.1, à une extraction Soxhlet. Le solvant évaporé se condense au niveau d'un réfrigérant et s'égoutte sur le produit d'extraction dans une cartouche filtrante. Il s'accumule dans le compartiment d'extraction, soutire l'extrait du produit d'extraction, pour être ensuite aspiré automatiquement dans le ballon. De là, le solvant s'évapore à nouveau (sans extrait).



C2.4.2

L'EXTRACTION COMME PROCÉDÉ DE PURIFICATION

C2.4.2.2

Extraction par brassage des
colorants d'un extrait de feuille

Extraction par brassage des colorants d'un extrait de feuille (C2.4.2.2)

N° de cat.	Désignation	C2.4.2.2
665 123	Ampoule à décanter, 250 ml, non graduée	1
300 01	Pied en V, grand	1
300 42	Tige 47 cm, 12 mm Ø	1
301 09	Noix double S	1
666 573	Anneau support avec tige, 100 mm Ø	1
667 180	Tuyau caoutchouc, 1 m x 7 mm Ø	1
667 016	Ciseaux, 200 mm, bouts pointus	1
664 103	Bécher DURAN, 250 ml, forme basse	1
665 997	Pipette graduée, 10 ml	1
666 003	Poire à pipeter	1
610 061	Gants de Protection	1
	Complément nécessaire : Huile comestible, extrait de feuille de tentative C2.4.2.1	1

L'extraction par brassage d'une substance est une extraction liquide-liquide simple. Dans un récipient fermé, l'ampoule à décanter, le produit d'extraction est secoué avec l'agent d'extraction. Les liquides ne doivent pas être miscibles ! La substance à extraire passe dans l'agent d'extraction. L'expérience C2.4.2.2 illustre l'extraction par brassage d'un extrait de feuille avec de l'huile.



C2.4.3

LA DISTILLATION COMME PROCÉDÉ DE PURIFICATION

C2.4.3.1

Distillation du vin rouge

Distillation du vin rouge (C2.4.3.1)

N° de cat.	Désignation	C2.4.3.1
524 018	Pocket-CASSY 2 Bluetooth	1
524 220	CASSY Lab 2	1
524 019	Accu pour Pocket-CASSY 2 Bluetooth	1*
524 0031	Dongle Bluetooth	1*
524 0673	Connecteur adaptateur NiCr-Ni S, type K	1
529 676	Sonde de température NiCr-Ni, 1,5 mm, type K	1
665 338	Pont à distiller de Claisen, 250 mm	1
664 301	Ballon à fond rond Boro 3.3, 250 ml, RN 19/26	1
664 300	Ballon à fond rond Boro 3.3, 100 ml, RN 19/26	1
665 391ET10	Pince en plastique pour rodage, RN 19/26, jeu de 10	1
604 501	Tuyau en PVC, 7 mm Ø, 1 m	2
604 460	Collier de serrage 8...12 mm	2
667 305	Capuchon à vis GL 18 avec trou	1
667 295	Joints en silicone GL 18/8, jeu de 10	1
666 194	Gaines de protection pour sondes de température, jeu de 5	1
666 6522	Chauffe-ballon 250 ml	1
300 76	Laborboy II (support élévateur)	1
666 4659	Tableau magnétique, 500 mm	2
666 4662	Support magnétique, taille 2, 11...14 mm	2
666 4663	Support magnétique, taille 3, 18...22 mm	2
666 425	Cadre profilé C 50 à 2 étages, CPS	1
602 954	Éprouvette graduée Boro 3.3, 250 ml, pied en verre	1
661 082	Graisse pour rodages, 60 g	1
661 091	Pierres d'ébullition	1
608 311	Capsule d'évaporation, 72 ml	1

N° de cat.	Désignation	C2.4.3.1
672 2520	Bâtons de bois, 100 pièces	1
	Complément nécessaire : PC avec Windows XP/Vista/7/8	1

* complément recommandé

La distillation est une méthode d'épuration permettant de séparer des liquides entre eux. Elle repose sur les différentes volatilités et points d'ébullition des composants.

Au cours de la distillation, le mélange de liquides est chauffé et les vapeurs sont refroidies. Les vapeurs présentent une autre composition que le liquide et ainsi, aussi le condensat.

Si les points d'ébullition sont suffisamment espacés les uns des autres, des mélanges peuvent être séparés par la distillation simple. C'est le cas par ex. lors de la distillation du vin rouge dans l'expérience C2.4.3.1. L'éthanol bout à 78 °C, l'eau à 100 °C. La courbe de température est relevée sur ordinateur avec CASSY.



C2.4.3

LA DISTILLATION COMME PROCÉDÉ DE PURIFICATION

C2.4.3.3

Nettoyage d'une substance par
distillation à la vapeur d'eau

Nettoyage d'une substance par distillation à la vapeur d'eau (C2.4.3.3)

N° de cat.	Désignation	C2.4.3.3
666 4659	Tableau magnétique, 500 mm	2
666 4662	Support magnétique, taille 2, 11...14 mm	1
666 4663	Support magnétique, taille 3, 18...22 mm	2
666 6522	Chauffe-ballon 250 ml	1
665 338	Pont à distiller de Claisen, 250 mm	1
664 300	Ballon à fond rond Boro 3.3, 100 ml, RN 19/26	1
664 301	Ballon à fond rond Boro 3.3, 250 ml, RN 19/26	1
665 391ET10	Pince en plastique pour rodage, RN 19/26, jeu de 10	1
666 425	Cadre profilé C 50 à 2 étages, CPS	1
666 161	Thermomètre chimique, -10 ... +220 °C/1 K	1
300 76	Laborboy II (support élévateur)	1
604 501	Tuyau en PVC, 7 mm Ø, 1 m	2
604 460	Collier de serrage 8...12 mm	2
667 305	Capuchon à vis GL 18 avec trou	1
667 295	Joints en silicone GL 18/8, jeu de 10	1
661 091	Pierres d'ébullition	1
661 082	Graisse pour rodages, 60 g	1
	Complément nécessaire : un citron ou une orange (de préférence non traitée).	1

Dans l'expérience C2.4.3.3, la distillation de la vapeur d'eau permet d'isoler les parfums et substances aromatiques de morceaux de plantes fragmentés. Les parfums et arômes volatils sont entraînés par la vapeur brûlante. De plus, la solubilité dans l'eau de ces huiles essentielles dépend de la température. Elles sont dissoutes dans l'eau brûlante du récipient collecteur. Lors du refroidissement dans le dispositif de distillation, l'eau et l'huile essentielle se dissocient à nouveau. Ainsi, il est possible de séparer aisément l'huile de l'eau qui sert de solvant.



C2.4.4

LA CHROMATOGRAPHIE SUR COLONNE COMME PROCÉDÉ DE PURIFICATION

C2.4.4.1

Séparation d'un extrait de feuille par la chromatographie sur colonne

C2.4.4.2

Séparation du pétrole à l'aide de la chromatographie sur colonne

Séparation d'un extrait de feuille par la chromatographie sur colonne (C2.4.4.1)

N° de cat.	Désignation	C2.4.4.1	C2.4.4.2
665 592	Colonne de chromatographie 235 x 20 mm Ø	1	1
665 073	Entonnoir séparateur cylindrique 75 ml	1	1
664 101	Bécher DURAN, 100 ml, forme basse	2	
602 012	Bécher Boro 3.3, 600 ml, forme haute	1	
667 092	Mortier en porcelaine, 70 mm Ø	1	
667 091	Pilon, 96 mm de long	1	
665 005	Entonnoir Boro 3.3, 100 mm Ø	1	1
661 038	Filtres, 150 mm de diamètre, 100 feuille	1	
661 161	Flacon en verre brun, 100 ml, col étroit	1	
602 347	Flacon en verre borosilicaté 3.3 gradué	1	
665 754	Éprouvette graduée 100 ml, pied en plastique	1	1
665 756	Éprouvette graduée 500 ml, pied en plastique	1	
665 217	Baguette d'agitation en verre 500 mm x 8 mm Ø, lot de 10	1	
667 7977	Balance compacte 200 g : 0,01 g	1	1
665 025	Entonnoir à poudre PP, 100 mm Ø	1	1
661 0771	Mentions d'avertissement selon le SGH	1	1
667 050	Porte-tubes à essais en plastique, pour 9 tubes, 18 mm Ø	1	
664 043	Tube à essais Fiolax, 16 x 160 mm, lot de 10	1	
667 253	Bouchon en caoutchouc plein, 14 - 18 mm Ø	9	
666 966	Spatule cuillère, PP, 180 mm	1	1
665 953	Compte-gouttes 150 x 7 mm, jeu de 10	1	
666 584	Support de filtrage pour 2 entonnoirs	1	
665 954	Poires en caoutchouc, jeu de 10	1	
300 02	Pied en V, petit	1	1
300 42	Tige 47 cm, 12 mm Ø	1	1
301 09	Noix double S	2	1
666 555	Pince de serrage universelle 0...80 mm	2	1
670 8200	Benzène, 90°C-110°C, 250 ml	1	

N° de cat.	Désignation	C2.4.4.1	C2.4.4.2
672 1000	Laine de verre, 10 g	1	
674 8210	Sable 1kg	1	
670 0410	Acétone, 1 l	1	1
661 058	Gel de silice, 35-70 mesh, 500 g	1	
661 082	Graisse pour rodages, 60 g	1	1
665 563ET5	Petites chambres de séparation 250 ml, jeu de 5		8
661 242	Pissette, 250 ml		1
664 130	Bécher Boro 3.3, 250 ml, forme basse		1
602 283	Flacon bouché émeri en verre clair		1
665 997	Pipette graduée, 10 ml		1
666 003	Poire à pipeter		1
602 022	Bécher Boro 3.3, 100 ml, forme basse		1
672 2210	n-hexane, 250 ml		1
675 2100	Toluène, 250 ml		1
673 2700	Méthanol, 250 ml		1
670 2900	Oxyde d'aluminium, 250 g		1
674 5840	Pétrole brut, artificiel, 1 L		1
	Complément nécessaire : feuilles, fraîches ou séchées	1	

L'expérience C2.4.4.1 permet d'obtenir un extrait de feuille et d'en séparer les constituants au moyen de la chromatographie sur colonne.

Le pétrole est un mélange liquide constitué de nombreuses substances organiques. Les aromates contenus dans le pétrole peuvent être séparés sur oxyde d'aluminium par chromatographie sur colonne. C'est ce qui est réalisé dans l'expérience C2.4.4.2. La chromatographie sur colonne permet également d'identifier les différentes classes de composés dans les fractions de pétrole.

C3 CHIMIE ANALYTIQUE

C3.1	DÉTERMINATION DE PROPRIÉTÉS PHYSIQUES	72-77
C3.1.1	PROPRIÉTÉS DES GAZ	72
C3.1.2	PROPRIÉTÉS DES LIQUIDES	73-75
C3.1.3	PROPRIÉTÉS DES SOLIDES	76-77
C3.2	CHROMATOGRAPHIE	78-79
C3.2.1	CHROMATOGRAPHIE EN PHASE GAZEUSE	78-79
C3.3	MÉTHODES D'ANALYSE OPTIQUES	80-84
C3.3.1	SPECTROMÉTRIE	80-81
C3.3.2	PHOTOMÉTRIE	82
C3.3.3	RÉFRACTOMÉTRIE	83
C3.3.4	POLARIMÉTRIE	84
C3.4	ANALYSE DE STRUCTURE	85-86
C3.4.3	SPECTROSCOPIE PAR RÉSONANCE MAGNÉTIQUE NUCLÉAIRE (RMN)	85
C3.4.4	SPECTROSCOPIE PAR RÉSONANCE DE SPIN ÉLECTRONIQUE	86
C3.5	ANALYSE QUANTITATIVE	87-89
C3.5.1	TITRAGES POTENTIOMÉTRIQUES ET ACIDE-BASE	87
C3.5.2	TITRAGES CONDUCTOMÉTRIQUES	88
C3.5.3	TITRAGES D'OXYDORÉDUCTION	89
C3.6	ANALYSE APPLIQUÉE	90-94
C3.6.1	ANALYSE DE L'EAU	90
C3.6.2	ANALYSE DE L'AIR	91-92
C3.6.4	ANALYSE DES ALIMENTS	93
C3.6.5	ANALYSE DE LA MATIÈRE	94



C3.1.1 PROPRIÉTÉS DES GAZ

C3.1.1.1 Détermination de la densité de gaz

Détermination de la densité de gaz (C3.1.1.1)

N° de cat.	Désignation	C3.1.1.1
379 07	Sphère à 2 robinets (sphère de pesée gazeuse)	1
667 072	Support pour ballon rond, 250 ml	1
OHS PU123	Balance SPU123	1
375 58	Pompe manuelle pour vide	1
665 913	Seringue à gaz 100 ml avec robinet à 1 voie	1
661 000	Bouteille de gaz comprimé Minican, azote	1
660 998	Bouteille de gaz comprimé Minican, oxygène	1
660 980	Soupape de réglage de précision pour bouteille de gaz comprimé Minican	1
604 481	Tuyau en caoutchouc 1 m x 4 mm Ø, DIN 12865	1
667 183	Tuyau caoutchouc, 1 m x 8 mm Ø	1
604 510	Raccord de tuyaux, PP, droit, 4/15 mm Ø	1
661 082	Graisse pour rodages, 60 g	1

Un gaz est une accumulation de molécules éloignées les unes des autres et animées d'un mouvement chaotique. Il remplit complètement tout volume qui s'offre à lui. Il a toujours le même volume, quel que soit le gaz. En raison des grands écarts moléculaires, les gaz sont très compressibles.

La densité (ρ) est définie comme la masse (m) par le volume (V):

$$\rho = \frac{m}{V}$$

L'expérience C3.1.1.1 permet de déterminer la densité de différents gaz dans une sphère à deux robinets dont le volume est connu. On détermine la masse des gaz renfermés en mesurant la différence entre le poids total de la sphère remplie de gaz et la tare de la sphère complètement vidée.



C3.1.2

PROPRIÉTÉS DES LIQUIDES

C3.1.2.1

Détermination de la viscosité avec le viscosimètre à chute de bille de Höppler

Détermination de la viscosité avec le viscosimètre à chute de bille de Höppler (C3.1.2.1)

N° de cat.	Désignation	C3.1.2.1
665 906	Viscosimètre à chute de bille d'Höppler	1
313 07	Chronomètre mécanique manuel I	1
666 7681	Thermostat de circulation 25 à 100 °C	1
667 194	Tuyau silicone, 7 mm Ø, 1 m	2
OHC S-200E	Balance Compact CS200E	1
665 754	Éprouvette graduée 100 ml, pied en plastique	1
664 138	Bécher Boro 3.3, 250 ml, forme haute	1
666 963	Spatule cuillère, acier inoxydable, 120 mm	1
674 6050	Saccharose D(+), 100 g	1
675 3410	Eau, pure, 5 l	2

Les particules de liquide peuvent être facilement déplacées les unes vers les autres. Un liquide prend la forme du récipient dans lequel il se trouve. Tous les objets qui sont plus lourds que le liquide coulent librement. La surface des liquides est toujours horizontale. Les liquides ne peuvent pas être comprimés.

Lorsqu'une substance (gazeuse, liquide ou solide) est déformée, elle oppose au changement de forme une certaine résistance, qu'on appelle généralement la viscosité. Lorsqu'une couche de liquide se déplace à vitesse constante dans une direction parallèlement à une deuxième couche, une force de frottement est exercée entre les deux couches. L'énergie cinétique est convertie en chaleur par le frottement. Aussi la viscosité d'une substance désigne-t-elle le frottement intérieur. Elle détermine la capacité d'écoulement dans un tube (par ex. du sang à travers une artère) et la résistance qu'elle exerce contre un corps solide qui est en mouvement dans celui-ci.

La viscosité dépend fortement de la température. Dans l'expérience C3.1.2.1, on étudie à température ambiante l'influence de la concentration sur la viscosité avec des solutions de sucre concentrées.



C3.1.2

PROPRIÉTÉS DES LIQUIDES

C3.1.2.2

Mesure de la tension superficielle par la méthode d'arrachement

Mesure de la tension superficielle par la méthode d'arrachement (C3.1.2.2)

N° de cat.	Désignation	C3.1.2.2
367 46	Dispositif de mesure de la tension superficielle	1
664 175	Cristallisoir Boro 3.3, 95 mm Ø, 55 mm, haut	1
314 111	Dynamomètre de précision, 0,1 N	1
311 53	Pied à coulisse	1
300 76	Laborboy II (support élévateur)	1
300 02	Pied en V, petit	1
300 43	Tige 75 cm, 12 mm Ø	1
301 08	Noix avec crochet	1
671 9740	Éthanol, solvant, 250 ml	1
675 3400	Eau, pure, 1 l	1

La tension superficielle est une propriété de la surface (surface limite) entre un liquide et un gaz, comme par ex. l'air. La surface d'un liquide se comporte comme un film élastique tendu. Cet effet explique par exemple que l'eau forme des gouttes et contribue à ce que certains insectes peuvent courir sur l'eau ou qu'une pièce de monnaie « flotte » sur l'eau. Dans l'expérience C3.1.2.2, on détermine la tension superficielle de l'eau et de l'éthanol. Il s'avère que l'eau, comparée à d'autres liquides, présente une tension superficielle très élevée. (Valeur théorique pour l'eau : $0,073 \text{ Nm}^{-1}$, pour l'éthanol : $0,022 \text{ Nm}^{-1}$).



- C3.1.2
PROPRIÉTÉS DES LIQUIDES
- C3.1.2.3
Détermination de la densité
d'après Mohr-Westphal
- C3.1.2.4
Détermination de la densité
avec le pycnomètre

Détermination de la densité avec le pycnomètre (C3.1.2.4)

N° de cat.	Désignation	C3.1.2.3	C3.1.2.4
362 025	Plongeur	1	
315 011	Balance hydrostatique	1	
315 31	Jeu de masses marquées, de 10 mg à 200 g	1	
382 21	Thermomètre agitateur, -30...+110 °C/1 K	1	1
665 754	Éprouvette graduée 100 ml, pied en plastique	2	2
664 138	Bécher Boro 3.3, 250 ml, forme haute	1	
671 9720	Éthanol, solvant, 1 l	1	1
666 145	Pycnomètre de Gay-Lussac, 50 ml		1
667 7977	Balance compacte 200 g : 0,01 g		1

Dans l'expérience C3.1.2.3, il s'agit de déterminer la densité des liquides avec un plongeur. L'exercice de mesure consiste à déterminer la densité de mélanges d'eau et d'éthanol. Le plongeur permet de déterminer la densité à partir de la poussée verticale qu'un corps de volume connu subit dans le liquide étudié.

Dans l'expérience C3.1.2.4, on recourt au pycnomètre de Gay-Lussac pour déterminer la densité de liquides. L'exercice de mesure consiste à déterminer la densité de mélanges d'eau et d'éthanol. Le pycnomètre est un flacon en forme de poire qui est rempli du liquide étudié. Le volume du pycnomètre est déterminé par pesage à l'aide d'un liquide de densité connue (par ex. de l'eau).



C3.1.3
PROPRIÉTÉS DES SOLIDES

C3.1.3.1
Détermination du point de fusion
de l'acide salicylique

Détermination du point de fusion de l'acide salicylique (C3.1.3.1)

N° de cat.	Désignation	C3.1.3.1
667 500	Tube de Thiele	1
661 085	Tubes pour la détermination du point de fusion, jeu de 100	1
667 307	Joints en silicone, GL 18, sans trou, jeu de 10	1
666 161	Thermomètre chimique, -10 ... +220 °C/1 K	1
666 8471	Agitateur magnétique à plaque chauffante	1
666 523	Tige support 450 mm, 12 mm Ø, filetage M10	1
666 555	Pince de serrage universelle 0...80 mm	1
301 09	Noix double S	1
602 725	Coupelle de laboratoire Boro 3.3, 140 x 75 mm Ø, 900 ml	1
674 0820	Paraffine, épaisse, 1 l	1
674 6210	Acide salicylique, 100 g	1

L'état solide d'une substance est défini en ce qu'il correspond à un volume défini, quasiment indépendant de la température, et présente une forme stable. Toutes les substances qui répondent à ces critères sont appelées des solides.

L'expérience C3.1.3.1 consiste à déterminer le point de fusion de l'acide salicylique à l'aide du tube de Thiele. Outre le point d'ébullition, le point de fusion est lui aussi une propriété caractéristique de toute substance. On remplit le dispositif de paraffine et on le munit d'un thermomètre. La substance à analyser est ensuite versée dans un petit tube inséré quant à lui avec son côté ouvert dans le dispositif de manière à être placé à côté du thermomètre. Le point de fusion est déterminé par un réchauffement progressif au bain marie.



C3.1.3
PROPRIÉTÉS DES SOLIDES

C3.1.3.4
Détermination de la densité
de solides

Détermination de la densité de solides (C3.1.3.4)

N° de cat.	Désignation	C3.1.3.4
667 7977	Balance compacte 200 g : 0,01 g	1
362 04	Vase à trop-plein	1
590 08ET2	Éprouvettes graduées, 100 ml, SAN, jeu de 2	1
300 76	Laborboy II (support élévateur)	1
309 48ET2	Fil de pêche, jeu de 2 bobines	1
674 7560	Le soufre, des morceaux, 500 g	1
309 42	Colorant	1*

* complément recommandé

L'expérience C3.1.3.4 permet de déterminer la densité de corps solides de formes irrégulières. Un pesage est associé à une mesure de volume. Les volumes des corps sont déterminés par le volume du liquide que les corps refoulent d'un récipient de trop-plein.



C3.2.1 CHROMATOGRAPHIE EN PHASE GAZEUSE

C3.2.1.1
Analyse chromatographique en
phase gazeuse du gaz de briquet

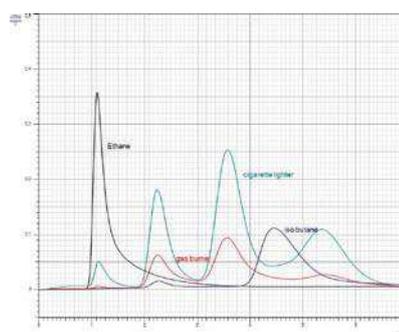
Chromatogramme obtenu pour le gaz de briquet (C3.2.1.1_a)

N° de cat.	Désignation	C3.2.1.1 (a)
665 580	Chromatographe à gaz LD 1	1
665 582	Capteur d'hydrocarbures	1
665 5831	Colonne de séparation avec de l'huile de silicone OV101	1
524 018	Pocket-CASSY 2 Bluetooth	1
524 019	Accu pour Pocket-CASSY 2 Bluetooth	1*
524 0031	Dongle Bluetooth	1*
524 220	CASSY Lab 2	1
524 0621	Capteur UIP S	1
662 2861	Pompe d'aquarium 100 l/h	1
664 814	Compte-bulles avec dispositif anti-retour	1
665 957	Seringue de dosage 1 ml	1
665 960	Canules 0,45 mm Ø, jeu de 10	1
501 45	Câbles d'expérimentation 19 A, 50 cm, rouge/bleu, paire	1
666 503	Plaque de base pour le support pour bec Bunsen, 13 cm x 21 cm	1
666 523	Tige support 450 mm, 12 mm Ø, filetage M10	1
666 555	Pince de serrage universelle 0...80 mm	1
301 09	Noix double S	1
665 589	Septums, lot de 10	1
667 197	Tuyau silicone, 4 mm Ø, 1 m	1
660 980	Soupape de réglage de précision pour bouteille de gaz comprimé Minican	1
660 988	Bouteille de gaz comprimé Minican, éthane	1
660 989	Bouteille de gaz comprimé Minican, n-butane	1
	Complément nécessaire : Briquet à gaz (de remplissage), Briquet (s)	

* complément recommandé

De nos jours, la chromatographie en phase gazeuse est une méthode utilisée dans le monde entier pour analyser les substances et les mélanges chimiques. Elle permet notamment d'étudier les composants d'hydrocarbures gazeux, par ex. le gaz naturel, mais aussi des substances volatiles comme les parfums ou les alcools. Les substances sont séparées dans un système à deux phases qui est constitué d'une phase stationnaire (la colonne de séparation avec le matériau de remplissage) et d'une phase mobile (le gaz porteur ou gaz vecteur). Des échantillons sont placés dans le flux de gaz porteur et, selon la polarité, traversent la colonne plus ou moins vite, permettant ainsi leur séparation.

Le gaz de briquet est un mélange de différents hydrocarbures gazeux qu'il est facilement possible de séparer avec un chromatographe à gaz. La phase stationnaire est de l'huile de silicone OV-101 sur du gel de silice. Comme phase mobile, on utilise de l'air. La part des différents hydrocarbures dans le mélange gazeux varie d'un briquet à l'autre, selon la source du gaz naturel. C'est ce qui est étudié dans l'expérience C3.2.1.1.



Chromatogramme obtenu pour le gaz de briquet.



C3.2.1 CHROMATOGRAPHIE EN PHASE GAZEUSE

C3.2.1.2
Séparation chromatographique en
phase gazeuse d'alcools - Effet de
température

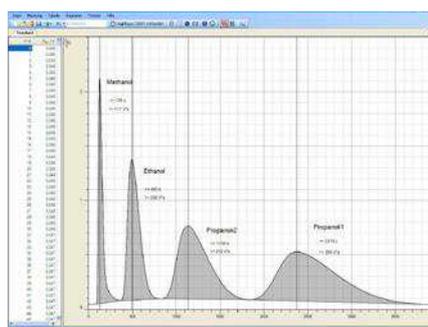
Chromatogramme obtenu pour un mélange d'alcools - Effet de température (C3.2.1.2_a)

N° de cat.	Désignation	C3.2.1.2 (a)
524 018	Pocket-CASSY 2 Bluetooth	1
524 019	Accu pour Pocket-CASSY 2 Bluetooth	1*
524 0031	Dongle Bluetooth	1*
524 220	CASSY Lab 2	1
524 0621	Capteur UIP S	1
665 580	Chromatographe à gaz LD 1	1
665 582	Capteur d'hydrocarbures	1
665 584	Colonne de séparation avec Porapak P	1
662 2861	Pompe d'aquarium 100 l/h	1
664 814	Compte-bulles avec dispositif anti-retour	1
602 013	Bécher Boro 3.3, 800 ml, forme haute	2
300 76	Laborboy II (support élévateur)	1
607 5025	Agitateur magnétique avec plaque chauffante, carré	1
666 851	Barreau aimanté, 25 mm x 6 mm Ø	1
382 21	Thermomètre agitateur, -30...+110 °C/1 K	1
665 957	Seringue de dosage 1 ml	1
665 960	Canules 0,45 mm Ø, jeu de 10	1
501 45	Câbles d'expérimentation 19 A, 50 cm, rouge/bleu, paire	1
666 503	Plaque de base pour le support pour bec Bunsen, 13 cm x 21 cm	1
666 523	Tige support 450 mm, 12 mm Ø, filetage M10	1
666 555	Pince de serrage universelle 0...80 mm	1
301 09	Noix double S	1
665 589	Septums, lot de 10	1
667 197	Tuyau silicone, 4 mm Ø, 1 m	1

N° de cat.	Désignation	C3.2.1.2 (a)
673 2700	Méthanol, 250 ml	1
671 9700	Ethanol,absolu, 250 ml	1
671 9740	Éthanol, solvant, 250 ml	1
674 4310	Alcool propylique, 250 ml	1
674 4400	Isopropanol, 250 ml	1
	Complément nécessaire : PC avec Windows XP/Vista/7/8	1

* complément recommandé

Le chromatographe à gaz permet non seulement de séparer des substances gazeuses, mais aussi des liquides très volatils, auquel cas seule la part gazeuse est séparée. Au besoin, il est alors possible de réchauffer la colonne de séparation et le gaz porteur. Dans l'expérience C3.2.1.2, on effectue la séparation chromatographique en phase gazeuse d'un mélange d'alcools.



Chromatogramme obtenu pour un mélange d'alcools.



C3.3.1
SPECTROMÉTRIE

C3.3.1.1
Spectres d'absorption de colorants
sur un écran

C3.3.1.2
Relevé de spectres d'absorption
avec un spectromètre

Spectres d'absorption de colorants sur un écran (C3.3.1.1)

N° de cat.	Désignation	C3.3.1.1	C3.3.1.2
460 03	Lentille dans monture f = +100 mm	1	1
466 05	Prisme à vision directe	1	
466 04	Support pour prisme à vision directe	1	
477 20	Cuvette à faces parallèles 100 x 100 x 10 mm	1	1
460 25	Plateau pour prisme	1	1
441 53	Écran, translucide	1	
450 60	Carter de lampe avec câble	1	1
450 521	Ampoules 12 V/30 W, E14, jeu de 2	1	1
460 20	Condenseur asphérique	1	1
521 210	Transformateur 6/12 V, 30 W	1	1
460 310	Banc d'optique, profil S1, 1 m	1	1
460 311	Cavalier avec noix 45/65	5	4
667 7977	Balance compacte 200 g : 0,01 g	1	1
602 023	Bécher Boro 3.3, 150 ml, forme basse	5	
665 212ET10	Baguette d'agitation en verre 200 mm x 8 mm Ø, lot de 10	1	
665 753	Éprouvette graduée 50 ml, pied en plastique	1	
665 953	Compte-gouttes 150 x 7 mm, jeu de 10	1	
665 954	Poires en caoutchouc, jeu de 10	1	
661 243	Pissette en PE, 500 ml	1	
671 8700	Chlorure ferrique hexahydraté, 50 g	1	1
673 2900	Bleu de méthylène, 1 g	1	1*
675 2550	Indicateur universel, liquide, 50 g	1	1
309 42	Colorant	1	1
675 3400	Eau, pure, 1 l	1	
673 8400	Solution d'hydroxyde de sodium, dilué, env. 2 M, 500 ml	1	

N° de cat.	Désignation	C3.3.1.1	C3.3.1.2
467 251	Spectromètre compact, physique		1
460 251	Support pour fibres		1
665 997	Pipette graduée, 10 ml		1
666 003	Poire à pipeter		1
604 5672	Microspatule double, acier, 150 mm		1
664 103	Bécher DURAN, 250 ml, forme basse		1
602 043	Bécher DURAN, 150 ml, forme basse		6
665 754	Éprouvette graduée 100 ml, pied en plastique		1
	Complément nécessaire : PC avec Windows XP/Vista/7/8		1

* complément recommandé

Dans l'expérience C3.3.1.1, le spectre de la lumière d'une lampe à incandescence est décomposé par un prisme à vision directe. On fait passer la lumière par des liquides colorés et on compare avec le spectre continu de la lumière de la lampe. Le spectre à l'origine continu avec les différentes couleurs spectrales disparaît. Seule les composantes colorées du liquide restent visibles.

Dans l'expérience C3.3.1.2, une solution de colorant est éclairée avec la lumière d'une lampe à incandescence. Pour le spectre d'absorption, la lumière traversant la solution colorée est relevé par un spectromètre. Le spectre d'absorption est comparé avec le spectre continu de la lumière de la lampe.



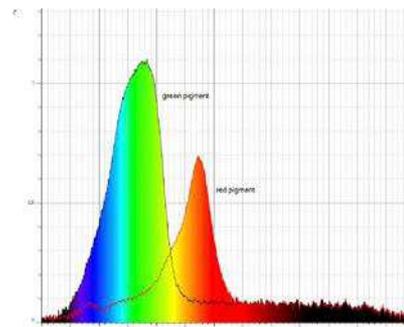
C3.3.1 SPECTROMÉTRIE

C3.3.1.3
Relevé d'un spectre
de fluorescence avec
un spectromètre

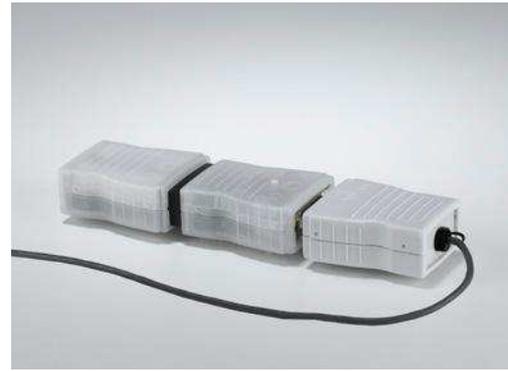
Relevé d'un spectre de fluorescence avec un spectromètre (C3.3.1.3)

N° de cat.	Désignation	C3.3.1.3
664 470	Cuve rectangulaire, 10 x 10 mm	2
467 252	Spectromètre compact, complet	1
458 100	Spot halogène 12 V/20 W	1
562 791	Adaptateur secteur 12 V CA	1
300 02	Pied en V, petit	1
301 26	Tige 25 cm, 10 mm Ø	1
301 11	Noix avec pince	1
604 5672	Microspatule double, acier, 150 mm	1
602 022	Bécher Boro 3.3, 100 ml, forme basse	1
664 130	Bécher Boro 3.3, 250 ml, forme basse	1
665 754	Éprouvette graduée 100 ml, pied en plastique	1
665 996	Pipette graduée, 5 ml	1
666 003	Poire à pipeter	1
665 953	Compte-gouttes 150 x 7 mm, jeu de 10	1
665 954	Poires en caoutchouc, jeu de 10	1
309 42	Colorant	1
672 0110	Fluorescéine, 25 g	1
671 9740	Éthanol, solvant, 250 ml	1
675 3400	Eau, pure, 1 l	1
	Complément nécessaire : PC avec Windows XP/Vista/7/8	1

Dans l'expérience C3.3.1.3, la solution du colorant fluorescent fluorescéine est éclairée avec la lumière d'une lampe à incandescence. À cet effet, le spectromètre est disposé en angle droit avec la lampe à incandescence et peut ainsi enregistrer le spectre de fluorescence du colorant. Celui-ci peut être comparé avec le spectre d'absorption de l'expérience C3.3.1.2.



Spectre d'un colorant rouge et d'un colorant bleu



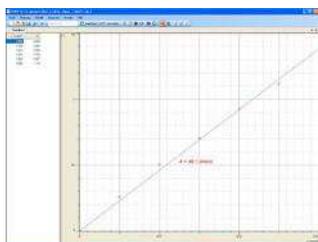
C3.3.2 PHOTOMÉTRIE

C3.3.2.1 La loi de Beer-Lambert

La loi de Beer-Lambert (C3.3.2.1)

N° de cat.	Désignation	C3.3.2.1
524 018	Pocket-CASSY 2 Bluetooth	1
524 019	Accu pour Pocket-CASSY 2 Bluetooth	1*
524 0031	Dongle Bluetooth	1*
524 220	CASSY Lab 2	1
524 069	Photomètre à immersion S	1
666 2605	Support pour photomètre à immersion S	1
665 793	Fiolle jaugée, Boro 3.3, 100 ml	1
665 792	Fiolle jaugée, Boro 3.3, 50 ml	1
664 045	Tube à essais Fiolax, 200 x 30 mm, lot de 10	1
665 997	Pipette graduée, 10 ml	3
666 003	Poire à pipeter	1
667 054	Porte-tubes à essais en bois, pour 10 tubes, 32 mm Ø	1
667 7977	Balance compacte 200 g : 0,01 g	1
672 9600	Sulfate de cuivre (II) pentahydraté, 100 g	1
670 3600	Solution ammoniacale, 25 %, 250 ml	1
675 3400	Eau, pure, 1 l	1
	Complément nécessaire : PC avec Windows XP/Vista/7/8	1

* complément recommandé



Série de dilutions de la tétramine de cuivre

L'intensité lumineuse est atténuée lors de son passage à travers une solution colorée. On se sert de cette propriété dans les mesures photométriques pour déterminer la concentration d'une telle solution. On mesure le degré de transmission T de la solution, soit le rapport entre l'intensité lumineuse transmise I et l'intensité lumineuse irradiée I_0 .

$$T = \frac{I}{I_0}$$

L'absorbance de la solution, et donc le nombre de quanta de lumière absorbés, est proportionnelle à la concentration. La transmission et l'absorbance sont liées comme suit :

$$E = \log_{10} \left(\frac{I_0}{I} \right) = -\log_{10} \left(\frac{I}{I_0} \right) = -\log_{10}(T)$$

Si on mesure l'absorbance d'une solution, on peut en déduire sa concentration. Ce rapport est décrit par la loi de Beer-Lambert. Outre de la concentration c d'une solution, l'absorbance dépend également de l'épaisseur de couche d et du coefficient d'extinction spécifique de la substance ϵ .

$$E = \log_{10} \left(\frac{I_0}{I} \right) = \epsilon \times c \times d$$

À l'aide d'une série de dilutions, l'expérience C3.3.2.1 vérifie la proportionnalité entre l'absorbance et la concentration et détermine le coefficient d'extinction du complexe bleu de tétramine de cuivre.



C3.3.3 RÉFRACTOMÉTRIE

C3.3.3.1 Détermination de l'indice de réfraction avec le réfractomètre

Détermination de l'indice de réfraction avec le réfractomètre (C3.3.3.1)

N° de cat.	Désignation	C3.3.3.1
667 359	Réfractomètre de laboratoire	1
667 7977	Balance compacte 200 g : 0,01 g	1
602 020	Bécher Boro 3.3, 25 ml, forme basse	5
665 953	Compte-gouttes 150 x 7 mm, jeu de 10	1
665 954	Poires en caoutchouc, jeu de 10	1
661 243	Pissette en PE, 500 ml	1
604 5661	Spatule double, acier, 185 mm	1
673 5700	Chlorure de sodium, 250 g	1
671 9720	Éthanol, solvant, 1 l	1

Chaque liquide a un indice de réfraction caractéristique n_D . L'indice de réfraction d'un mélange de deux liquides est déterminé par l'indice de réfraction de chacun des liquides et leur rapport de mélange. Si les indices de réfraction des différents liquides sont connus, on peut alors déterminer le rapport de mélange d'une solution. L'indice de réfraction est mesuré avec un réfractomètre.

Le réfractomètre permet également de déterminer le degré Brix (pourcentage de matière sèche soluble ou teneur en sucres). Dans l'expérience C3.3.3.1, le réfractomètre permet de déterminer la part massique w en % d'une solution par la mesure de l'indice de réfraction ($w = \text{masse des composants} / \text{du mélange de substances}$; pour l'indication en pourcentage, le nombre est multiplié par 100). Des solutions présentant différentes parts massiques d'une substance ont été préparées, permettant de déterminer un échantillon avec une part massique inconnue.



C3.3.4 POLARIMÉTRIE

C3.3.4.1 Rotation du plan de polarisation par des solutions sucrées

Rotation du plan de polarisation par des solutions sucrées (C3.3.4.1)

N° de cat.	Désignation	C3.3.4.1
657 591	Polarimètre	1
OHC S-200E	Balance Compact CS200E	1
666 963	Spatule cuillère, acier inoxydable, 120 mm	1
665 793	Fiole jaugée, Boro 3.3, 100 ml	3
664 153	Verre de montre, 60 mm Ø	3
665 009	Entonnoir PP, 75 mm Ø	3
664 137	Bécher Boro 3.3, 100 ml, forme haute	3
672 1100	D(+)-Glucose, 100 g	1
672 0700	D(-)-Fructose, 50 g	1
674 6050	Saccharose D(+), 100 g	1

On entend par activité optique la propriété que possèdent certaines substances de faire tourner le plan de polarisation de la lumière polarisée linéairement lorsqu'elle les traverse. L'angle de rotation α dépend de la structure moléculaire et de la concentration de la substance dissoute, de la longueur du chemin optique dans la solution et de la longueur d'onde de la lumière.

L'expérience C3.3.4.1 montre que des substances optiquement actives peuvent faire tourner le plan d'oscillation d'un rayon lumineux polarisé. Pour une longueur de cuvette d donnée, l'angle de rotation α de solutions optiquement actives est proportionnel à la concentration c de la solution.

La détermination de la concentration c de la solution est formulée comme suit :

$$c = \frac{\alpha}{l \cdot [\alpha]}$$

rotation spécifique : $[\alpha]$ ($^{\circ}$ • ml/g • dm)

L'angle de rotation est indiqué comme une valeur positive (+) si le plan de polarisation de la lumière orientée vers l'observateur est tourné dans le sens des aiguilles d'une montre (rotation à droite). Une rotation dans le sens inverse des aiguilles d'une montre est appelée rotation à gauche et reçoit un signe négatif (-).



C3.4.3 SPECTROSCOPIE PAR RÉSONANCE MAGNÉTIQUE NUCLÉAIRE (RMN)

C3.4.3.1
Résonance magnétique nucléaire
sur le polystyrène, la glycérine et
le téflon (avec un oscilloscope)

Résonance magnétique nucléaire sur le polystyrène, la glycérine et le téflon
(avec un oscilloscope) (C3.4.3.1_a)

N° de cat.	Désignation	C3.4.3.1 (a)	C3.4.3.1 (b)
514 602	Alimentation RMN	1	1
514 606	Tête de mesure RMN	1	1
562 11	Noyau en U avec joug	1	1
562 131	Bobine à 480 spires, 10 A	2	2
521 546	Alimentation CC 0...16 V/0...5 A	1	1
575 214	Oscilloscope 30 MHz, analogique, à deux canaux	1	
501 02	Câble HF, 1 m	2	
531 835	Instrument de mesure universel Physique	1*	1*
524 0381	Sonde B combinée S	1*	1*
501 11	Câble rallonge, à 15 pôles	1*	1*
500 621	Câble d'expérimentation de sécurité, 50 cm, rouge	1	1
500 641	Câble d'expérimentation de sécurité, 100 cm, rouge	1	1
500 642	Câble d'expérimentation de sécurité, 100 cm, bleu	1	1
524 013	Sensor-CASSY 2		1
524 220	CASSY Lab 2		1
575 24	Câble de mesure BNC/4 mm		2
	Complément nécessaire : PC avec Windows XP/Vista/7/8		1

* complément recommandé

Dans un champ magnétique B , le moment magnétique d'un noyau lié au spin I adopte les niveaux d'énergie

$$E_m = -g_l \cdot \mu_K \cdot m \cdot B \quad \text{avec } m = -I, -I+1, \dots, I$$

$$\mu_K = 5.051 \cdot 10^{-27} \frac{J}{T} : \text{ magnéton nucléaire}$$

g_l : facteur g du noyau

Un champ magnétique à haute fréquence ν irradié perpendiculairement au champ magnétique excite les transitions entre les niveaux d'énergie voisins si ceux-ci remplissent la condition de résonance

$$h \cdot \nu = E_{m+1} - E_m$$

h : constante de Planck

La résonance magnétique nucléaire (RMN) repose sur ce phénomène. Les noyaux atomiques ayant un nombre impair de protons sont activés. La fréquence de résonance exacte d'un noyau dépend du type d'atome et de son environnement chimique. Chaque noyau atomique est non seulement influencé par le champ magnétique externe B , mais également par un champ local interne, généré par les noyaux voisins. Ainsi, la RMN sert à expliquer la structure.

Dans l'expérience C3.4.3.1, la résonance magnétique nucléaire est démontrée avec du polystyrène, de la glycérine et du téflon. L'évaluation porte sur l'emplacement, la largeur et l'intensité des lignes de résonance. Dans la variante a, le relevé est effectué avec un oscilloscope, dans la variante b avec Sensor-CASSY 2 et CASSY Lab 2.

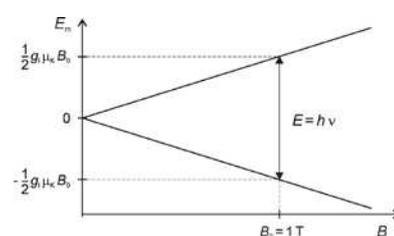


Schéma illustrant la condition de résonance pour le noyau d'hydrogène

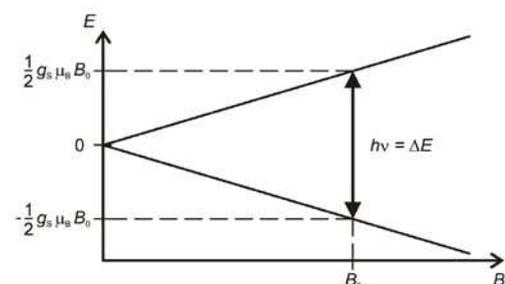


C3.4.4 SPECTROSCOPIE PAR RÉSONANCE DE SPIN ÉLECTRIQUE

C3.4.4.1
Résonance de spin électronique
sur le DPPH

Résonance de spin électronique sur le DPPH (C3.4.4.1)

N° de cat.	Désignation	C3.4.4.1
514 55	Appareil de base RSE	1
514 571	Alimentation RSE	1
555 604	Paire de bobines de Helmholtz	1
575 214	Oscilloscope 30 MHz, analogique, à deux canaux	1
501 02	Câble HF, 1 m	2
300 11	Socle	3
501 23	Câble d'expérimentation 32 A, 25 cm, noir	1
501 25	Câble d'expérimentation 32 A, 50 cm, rouge	1
501 26	Câble d'expérimentation 32 A, 50 cm, bleu	1



Résonance magnétique nucléaire sur le polystyrène, la glycérine et le téflon (avec un oscilloscope) (C3.4.3.1_a)

Dans le champ magnétique, le moment magnétique de l'électron non apparié avec l'impulsion de rotation totale j prend les niveaux d'énergie discrets

$$E_m = -g_j \cdot \mu_B \cdot m \cdot B ; m = -j, -j+1, \dots, j$$

μ_B est ici le magnéton de Bohr et g_j le facteur g . Un champ magnétique à haute fréquence f irradié perpendiculairement au champ magnétique excite les transitions entre les niveaux d'énergie voisins si ceux-ci remplissent la condition de résonance

$$h \cdot f = E_{m+1} - E_m$$

(h = constante de Planck). La résonance de spin électronique, qui permet d'identifier le signal de résonance avec une haute fréquence, repose sur ce principe. Souvent, les électrons peuvent être considérés comme libres. L'étude de la résonance de spin électronique porte sur les champs magnétiques internes de la substance échantillon, qui sont engendrés par les moments magnétiques des électrons et noyaux adjacents.

L'expérience C3.4.4.1 permet d'identifier la résonance de spin électronique sur du diphényl-picrylhydrazyle (DPPH). Le DPPH est un radical sur lequel un électron libre apparaît sur un atome d'azote. Dans l'expérience, on peut pré-régler en continu les fréquences de résonance entre 13 et 130 MHz. L'objectif de l'évaluation est de déterminer le facteur g .



C3.5.1 TITRAGES POTENTIO- MÉTRIQUES ET ACIDE-BASE

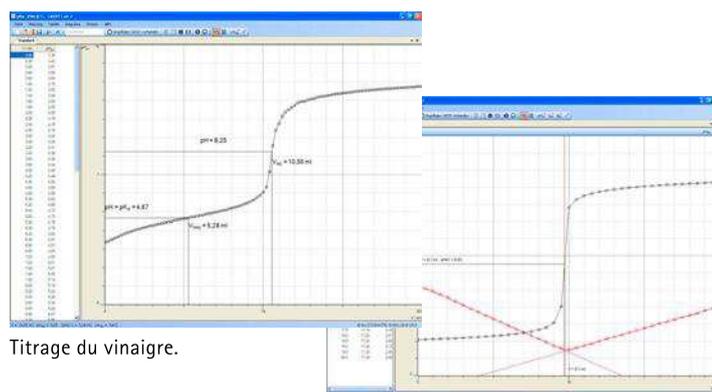
C3.5.1.1
Détermination de la concen-
tration d'acide par titrage avec
un compte-gouttes

Détermination de la concentration d'acide par titrage avec un compte-gouttes (C3.5.1.1)

N° de cat.	Désignation	C3.5.1.1
524 013	Sensor-CASSY 2	1
524 220	CASSY Lab 2	1
524 0672	Connecteur adaptateur pH S	1
667 4172	Électrode de pH à gaine en plastique, BNC	1
524 074	Timer S	1
337 4681	Compte-gouttes	1
607 105	Mini-agitateur magnétique	1
664 103	Bécher DURAN, 250 ml, forme basse	2
665 997	Pipette graduée, 10 ml	1
666 003	Poire à pipeter	1
665 845	Burette en verre clair, 25 ml, robinet latéral (PTFE)	1
665 816	Entonnoir pour burette, plastique, 25 mm Ø	1
666 559	Porte-burette pour 1 burette, à rouleaux	1
300 02	Pied en V, petit	1
300 42	Tige 47 cm, 12 mm Ø	1
300 11	Socle	1
300 41	Tige 25 cm, 12 mm Ø	1
666 543	Noix de serrage perpendiculaire, 0...16 mm	2
666 555	Pince de serrage universelle 0...80 mm	2
673 8420	Solution de soude caustique, 1 mol/l, 500 ml	1
674 4640	Solution tampon pH 4,00, 250 ml	1
674 4670	Solution tampon pH 7,00, 250 ml	1
	Complément nécessaire : Le vinaigre balsamique ou un autre, le vinaigre de couleur foncée	1

Le titrage est la méthode classique permettant de déterminer la quantité exacte d'une substance dans une solution (analyse quantitative). Un réactif est versé goutte-à-goutte avec une burette jusqu'à ce que le point d'équivalence soit atteint, c'est-à-dire le point où la substance analysée a été complètement neutralisée. Ce point est rendu visible dans le titrage manuel par un réactif de détection, mais peut aussi être mesuré à l'aide d'instruments.

Dans l'expérience C3.5.1.1, il s'agit de déterminer la concentration d'acide dans du vinaigre balsamique. La couleur foncée ne permet pas de travailler avec des indicateurs de couleur. À la place, on mesure le pH en continu à l'aide d'une électrode de pH. Ce sont des électrodes potentiométriques qui, par sélectivité ionique, ne réagissent qu'aux changements de potentiel des protons. Le potentiel mesuré est alors converti en une valeur pH. Dans l'expérience, on utilise un compte-gouttes pour relever une courbe complète du titrage du vinaigre balsamique avec de la soude caustique.



Titration du vinaigre.

Conductometric titration of hydrochloric acid



C3.5.2 TITRAGES CONDUCTOMÉTRIQUES

C3.5.2.1
Titration conductométrique d'une solution d'acide chlorhydrique

C3.5.2.2
Titration conductométrique d'une solution d'acide chlorhydrique avec mesure du pH

Titration conductométrique d'une solution d'acide chlorhydrique avec mesure du pH (C3.5.2.2)

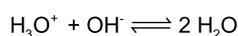
N° de cat.	Désignation	C3.5.2.1	C3.5.2.2
524 018	Pocket-CASSY 2 Bluetooth	1	
524 019	Accu pour Pocket-CASSY 2 Bluetooth	1*	
524 0031	Dongle Bluetooth	1*	
524 220	CASSY Lab 2	1	1
524 0671	Connecteur adaptateur conductivité S	1	1
529 670	Capteur de conductivité	1	1
607 105	Mini-agitateur magnétique	1	1
664 103	Bécher DURAN, 250 ml, forme basse	1	1
665 975	Pipette jaugée Boro 3.3, 10 ml	1	1
666 003	Poire à pipeter	1	1
665 845	Burette en verre clair, 25 ml, robinet latéral (PTFE)	1	1
665 816	Entonnoir pour burette, plastique, 25 mm Ø	1	1
666 559	Porte-burette pour 1 burette, à rouleaux	1	1
300 02	Pied en V, petit	1	1
300 42	Tige 47 cm, 12 mm Ø	1	
666 543	Noix de serrage perpendiculaire, 0...16 mm	1	2
666 555	Pince de serrage universelle 0...80 mm	1	2
674 6950	Acide chlorhydrique 0,1 mol/l, 500 ml	1	1
673 8410	Soude caustique 0,1 mol/l, 500 ml	1	1
524 013	Sensor-CASSY 2		1
524 0672	Connecteur adaptateur pH S		1
667 4172	Électrode de pH à gaine en plastique, BNC		1
666 523	Tige support 450 mm, 12 mm Ø, filetage M10		1
300 11	Socle		1
300 41	Tige 25 cm, 12 mm Ø		1

N° de cat.	Désignation	C3.5.2.1	C3.5.2.2
674 4640	Solution tampon pH 4,00, 250 ml		1
674 4670	Solution tampon pH 7,00, 250 ml		1
	Complément nécessaire : PC avec Windows XP/Vista/7/8	1	1

* complément recommandé

Dans le cas d'un titrage conductométrique, le point d'équivalence est déterminé par une mesure de conductivité. On se sert pour cela du fait que la dissolution des sels augmente sensiblement la conductivité d'une solution. Les titrages acide-base ou les titrages par précipitation peuvent être suivis par la conductométrie.

L'expérience C3.5.2.1 permet de réaliser un titrage acide-base en titrant une solution d'acide chlorhydrique avec de la soude caustique. Le point d'équivalence est facile à déterminer puisque les ions hydronium et les ions hydroxyde sont de très bons conducteurs. Pendant le titrage, la conductivité diminue au début étant donné que les ions hydronium neutralisés sont de plus en plus nombreux.



Au-delà du point d'équivalence, elle se remet à augmenter puisque les ions hydronium sont alors en excès.

Dans l'expérience C3.5.2.2, on étudie non seulement la conductivité, mais aussi la variation du pH. On notera que les deux méthodes de mesure déterminent le même point d'équivalence. Ce phénomène est dû au fait que le même processus chimique est mesuré de différentes manières.



C3.5.3 TITRAGES D'OXYDORÉDUCTION

C3.5.3.2 Détermination manganométrique d'ions fer (II)

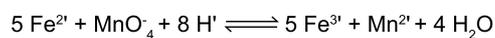
Détermination manganométrique d'ions fer (II) (C3.5.2)

N° de cat.	Désignation	C3.5.3.2
524 018	Pocket-CASSY 2 Bluetooth	1
524 220	CASSY Lab 2	1
524 019	Accu pour Pocket-CASSY 2 Bluetooth	1*
524 0031	Dongle Bluetooth	1*
524 0672	Connecteur adaptateur pH S	1
667 416	Électrode combinée de potentiel rédox, BNC	1
667 7977	Balance compacte 200 g : 0,01 g	1
607 105	Mini-agitateur magnétique	1
664 103	Bécher DURAN, 250 ml, forme basse	2
300 42	Tige 47 cm, 12 mm Ø	1
300 02	Pied en V, petit	1
665 997	Pipette graduée, 10 ml	1
666 003	Poire à pipeter	1
665 845	Burette en verre clair, 25 ml, robinet latéral (PTFE)	1
665 816	Entonnoir pour burette, plastique, 25 mm Ø	1
666 559	Porte-burette pour 1 burette, à rouleaux	1
666 543	Noix de serrage perpendiculaire, 0...16 mm	1
666 555	Pince de serrage universelle 0...80 mm	1
671 9100	Sulfate ferreux heptahydraté, 100 g	1
672 7000	Permanganate de potassium, 100 g	1
674 7920	Acide sulfurique, dilué, env. 2 N (= 10 %), 500 ml	1
674 4670	Solution tampon pH 7,00, 250 ml	1
674 6900	Acide hydrochlorique, 1 mol/l, 500 ml	1*
675 3500	Peroxyde d'hydrogène, 30 %, 250 ml	1*
	Complément nécessaire : PC avec Windows XP/Vista/7/8	1

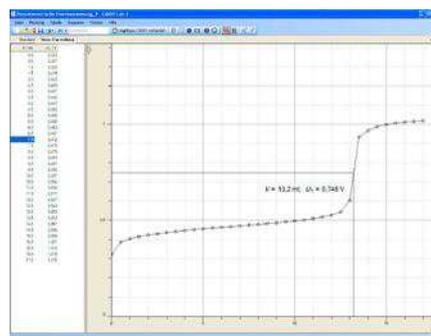
* complément recommandé

C'est une réaction d'oxydoréduction qui a lieu dans le cas du titrage redox. Par analogie à l'indicateur pH pour les titrages acide-base, le point d'équivalence est déterminé avec des indicateurs colorés redox qui changent de couleur par oxydation ou réduction dans une zone de potentiel qui doit correspondre au potentiel d'équivalence du dosage étudié (potentiel de virage). Par analogie avec l'électrode pH, le titrage instrumental utilise une électrode redox.

La manganométrie ne requiert pas d'indicateur redox, parce qu'une solution de permanganate de potassium est utilisée comme solution de référence. Présentant une coloration fortement violette, elle sert d'agent d'oxydation. Dans l'expérience C3.5.3.2, une solution de fer (II) est titrée avec une solution de permanganate de potassium.



Le point de transition est atteint lorsque la solution est colorée durablement en violet. Le potentiel de la solution est mesuré simultanément à l'aide d'une électrode redox.



Courbe de titrage d'oxydoréduction.



C3.6.1 ANALYSE DE L'EAU

C3.6.1.1
Détermination des constituants de l'eau avec des réactifs de détection et le photomètre à immersion

Détermination des constituants de l'eau avec des réactifs de détection et le photomètre à immersion (C3.6.1.1)

N° de cat.	Désignation	C3.6.1.1
524 069	Photomètre à immersion S	1
666 2605	Support pour photomètre à immersion S	1
524 018	Pocket-CASSY 2 Bluetooth	1
524 019	Accu pour Pocket-CASSY 2 Bluetooth	1*
524 0031	Dongle Bluetooth	1*
524 220	CASSY Lab 2	1
666 2600	Photométrie - assortiment 1 de réactifs (avec valise et accessoires)	1
666 961	Microspatule double, acier inoxydable, 185 mm	1
664 043	Tube à essais Fiolax, 16 x 160 mm, lot de 10	1
667 050	Porte-tubes à essais en plastique, pour 9 tubes, 18 mm Ø	1
665 997	Pipette graduée, 10 ml	1
666 003	Poire à pipeter	1
667 031ET10	Pincen en bois pour tube à essais, 20 mm Ø, jeu de 10	1
656 016	Bec Bunsen, multigaz	1
607 025	Tuyau à gaz de sécurité, 1,5 m	1
674 7860	Acide sulfurique, 95-98 %, 500 ml	1
	Complément nécessaire : PC avec Windows XP/Vista/7/8	1

* complément recommandé

De nos jours, la surveillance de la qualité de l'eau joue un rôle important dans de nombreux domaines. Il importe non seulement d'analyser l'eau potable ou minérale, mais aussi, par exemple, l'eau des piscines et des lacs ouverts à la baignade. On peut effectuer des analyses chimiques et biologiques. L'analyse chimique de l'eau permet de détecter de nombreuses substances. Les concentrations de ces substances permettent de tirer des conclusions sur la qualité de l'eau.

L'expérience C3.6.1.1 consiste à identifier certaines substances telles que le phosphate, l'ammonium ou le nitrate, dans des échantillons d'eau. Il s'agit de déterminations photométriques. Le principe chimique repose sur le fait qu'avec les réactifs ajoutés, la substance à identifier forme un composé coloré ou occasionne une certaine turbidité. Avec une longueur d'onde appropriée, l'absorbance de la coloration ou de la turbidité survenue est directement proportionnelle à la concentration de la substance.



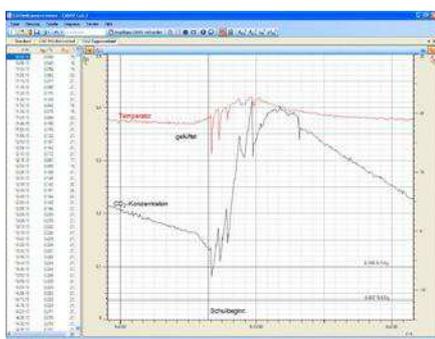
C3.6.2 ANALYSE DE L'AIR

C3.6.2.1
Mesure continue de la concentration de dioxyde de carbone dans la salle de classe

Mesure continue de la concentration de dioxyde de carbone dans la salle de classe (C3.6.2.1)

N° de cat.	Désignation	C3.6.2.1
524 013	Sensor-CASSY 2	1
524 220	CASSY Lab 2	1
524 083	Capteur de CO ₂ S	1
501 11	Câble rallonge, à 15 pôles	1*
524 0673	Connecteur adaptateur NiCr-Ni S, type K	1
529 676	Sonde de température NiCr-Ni, 1,5 mm, type K	2
	Complément nécessaire : PC avec Windows XP/Vista/7/8	1

* complément recommandé



Mesure du dioxyde de carbone un jour d'école.

L'air qui nous entoure contient essentiellement de l'azote et de l'oxygène. Or la plupart du temps, ce sont justement les substances présentes dans des concentrations infimes, de l'ordre du ppm (ppm = parties par million), voire même moins, qui sont nocives pour l'homme. Celles-ci sont étudiées dans des analyses de l'air.

L'un des défis provient de la faible concentration de ces substances. Par ailleurs, l'analyse instrumentale des gaz est plus fastidieuse et moins accessible que celle des liquides.

Dans ce contexte, il est intéressant d'analyser des locaux intérieurs, comme les salles de classe ou de séminaire, où l'état de pureté de l'air doit être optimal pour ainsi favoriser la concentration et augmenter les performances.

Dans l'expérience C3.6.2.1, la concentration de dioxyde de carbone est analysée pendant une semaine dans la salle de classe. En même temps, la température est mesurée à deux endroits, par ex. au niveau du radiateur et au beau milieu de la salle de classe. Dans une pièce close pleine de monde, la concentration de CO₂ augmente rapidement à plus de 1 %. Une simple aération ne suffit plus pour la ramener à sa valeur normale, soit celle de l'atmosphère.



C3.6.2
ANALYSE DE L'AIR

C3.6.2.2
Analyse de la fumée de cigarette

Analyse de la fumée de cigarette (C3.6.2.2)

N° de cat.	Désignation	C3.6.2.2
665 914	Seringue à gaz 100 ml avec robinet à 3 voies	1
666 313	Tube indicateur de NO _x , 0,5...50 ppm, lot de 10	1
666 319	Tube indicateur de CO, 0,5...7,0 %, lot de 10	1
666 314	Tube indicateur de SO ₂ , 1...25 ppm, lot de 10	1
667 015	Lime à verre, triangulaire	1
313 07	Chronomètre mécanique manuel I	1
	Complément nécessaire : cigarettes	1

En plus de la nicotine, la fumée de tabac qui s'échappe des cigarettes contient de nombreux contaminants parmi lesquels de l'oxyde d'azote, du goudron et du formaldéhyde. L'expérience C3.6.2.2 analyse les différents contaminants atmosphériques contenus dans la fumée de cigarette. Il est également possible de comparer la teneur en produits toxiques de cigarettes plus ou moins fortes et de différentes marques.



C3.6.4
ANALYSE DES ALIMENTS

C3.6.4.2
Détermination de la teneur en acide phosphorique dans une boisson au coca

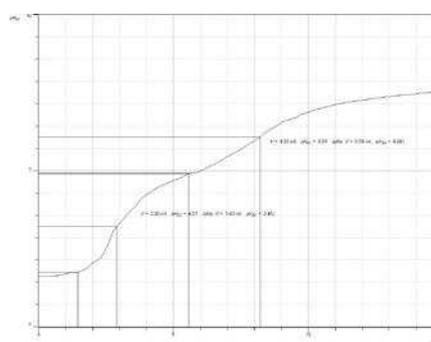


Détermination de la teneur en acide phosphorique dans une boisson au coca (C3.6.4.2)

N° de cat.	Désignation	C3.6.4.2
524 013	Sensor-CASSY 2	1
524 220	CASSY Lab 2	1
524 0672	Connecteur adaptateur pH S	1
529 672	Capteur de pH, BNC	1
524 074	Timer S	1
337 4681	Compte-gouttes	1
664 131	Bécher Boro 3.3, 400 ml, forme basse	1
664 130	Bécher Boro 3.3, 250 ml, forme basse	1
665 845	Burette en verre clair, 25 ml, robinet latéral (PTFE)	1
666 559	Porte-burette pour 1 burette, à rouleaux	1
301 09	Noix double S	2
666 555	Pince de serrage universelle 0...80 mm	1
607 105	Mini-agitateur magnétique	1
300 02	Pied en V, petit	1
300 11	Socle	1
301 26	Tige 25 cm, 10 mm Ø	1
301 27	Tige 50 cm, 10 mm Ø	1
661 243	Pissette en PE, 500 ml	1
673 8421	Soude caustique 1 mol/l, 1 l	1
	Complément nécessaire : Boisson Cola	1

Comme science appliquée, l'analyse des aliments est la base de l'étude et de l'évaluation de la qualité et de la sécurité des denrées alimentaires.

De l'acide phosphorique est ajouté au Coca-Cola pour renforcer la soif, pour couvrir le goût du sucre et à titre d'agent conservateur. Dans l'expérience C3.6.4.2, on procède au titrage de l'acide phosphorique avec de la soude caustique. Lorsqu'on titre du coca, tout comme de l'acide phosphorique, les deux premiers virages sont manifestes. (Le troisième virage n'est pas localisable dans ces solutions diluées). Le deuxième virage est moins net à cause de la présence d'autres substances. Le premier virage permet de déterminer la teneur en acide phosphorique dans une boisson au coca.



Titrage de coca.



C3.6.5 ANALYSE DE LA MATIÈRE

C3.6.5.1
Analyse par fluorescence X de la composition chimique

C3.6.5.2
La composition chimique d'un échantillon de laiton

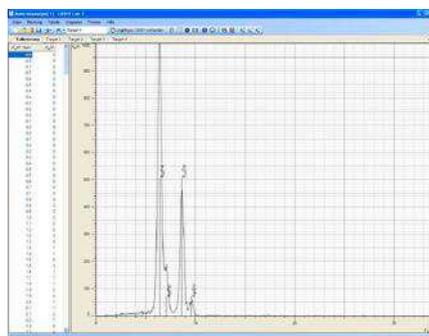
Analyse par fluorescence X de la composition chimique (C3.6.5.1)

N° de cat.	Désignation	C3.6.5.1	C3.6.5.2
554 800	Appareil de base à rayons X	1	1
554 861	Tube à rayons X, Mo	1	1
554 831	Goniomètre	1	1
559 938	Détecteur d'énergie de rayonnement X	1	1
554 848	Cibles en alliages, jeu	1	1
524 018	Pocket-CASSY 2 Bluetooth	1	1
524 058	Adaptateur AMC	1	1
524 220	CASSY Lab 2	1	1
501 02	Câble HF, 1 m	1	1
554 844	Cibles fluorescence des raies K, jeu		1
554 846	Cibles fluorescence des raies L, jeu		1
	Complément nécessaire : PC avec Windows XP/Vista/7/8	1	1

La fluorescence X est une méthode permettant l'analyse non destructive de la composition chimique d'un alliage. Exposé au rayonnement X, chaque élément émet une fluorescence X caractéristique qui constitue en quelque sorte son « empreinte digitale ».

Dans l'expérience C3.6.5.1, on analyse quatre alliages par fluorescence X et on en évalue qualitativement la composition. Les alliages sont de l'acier au chrome-nickel, deux alliages de laiton et un aimant en terres rares.

L'expérience C3.6.5.2 permet l'analyse quantitative de la composition d'un alliage de laiton. Le pourcentage pondéral de chaque composant est calculé à partir de l'intensité de la fluorescence X.



Analyse d'alliages.

C4 PHYSICOCHIMIE

C4.1	CINÉTIQUE DE RÉACTION	96-98
C4.1.1	CATALYSE	96
C4.1.2	ORDRES DE RÉACTION	97
C4.1.3	INFLUENCE DE LA VITESSE DE RÉACTION	98
C4.2	ÉQUILIBRE CHIMIQUE	99-100
C4.2.1	LE LOI D'ACTION DE MASSE	99
C4.2.2	ÉQUILIBRES DE PROTOLYSE	100
C4.3	THERMOCHIMIE	101-104
C4.3.1	ENTHALPIE DE RÉACTIONS CHIMIQUES	101
C4.3.3	CALORIMÉTRIE	102-104
C4.4	ÉLECTROCHIMIE	105-119
C4.4.1	CONDUCTIVITÉ ET IONS	105-108
C4.4.3	POTENTIELS ÉLECTROCHIMIQUES	109-113
C4.4.4	ÉLÉMENTS GALVANIQUES	114-115
C4.4.5	ÉLECTROLYSE	116-117
C4.4.6	PROCÉDÉS GALVANIQUES EN TECHNIQUE	118
C4.4.7	PILES À COMBUSTIBLE	119
C4.6	PROCÉDÉS DE TRANSPORT	120
C4.6.2	OSMOSE	120



C4.1.1 CATALYSE

C4.1.1.1
Oxydation catalytique de
l'acide tartrique avec du
peroxyde d'hydrogène

Oxydation catalytique de l'acide tartrique avec du peroxyde d'hydrogène (C4.1.1.1)

N° de cat.	Désignation	C4.1.1
524 013	Sensor-CASSY 2	1
524 220	CASSY Lab 2	1
524 0672	Connecteur adaptateur pH S	1
667 416	Électrode combinée de potentiel rédox, BNC	1
524 0673	Connecteur adaptateur NiCr-Ni S, type K	1
529 676	Sonde de température NiCr-Ni, 1,5 mm, type K	1
664 130	Bécher Boro 3.3, 250 ml, forme basse	1
667 7977	Balance compacte 200 g : 0,01 g	1
665 997	Pipette graduée, 10 ml	1
666 003	Poire à pipeter	1
666 961	Microspatule double, acier inoxydable, 185 mm	1
666 8451	Agitateur magnétique	1
666 850	Barreau aimanté, 15 mm x 5 mm Ø	1
666 859	Récupérateur d'agitateurs	1
666 502	Support pour bec Bunsen, hauteur 450 mm	1
301 09	Noix double S	2
666 555	Pince de serrage universelle 0...80 mm	2
672 6710	Tartrate de sodium et de potassium, 250 g	1
675 3500	Peroxyde d'hydrogène, 30 %, 250 ml	1
672 8000	Chlorure de cobalt (II) hexahydraté, 25 g	1
	Complément nécessaire : PC avec Windows XP/Vista/7/8	1

La vitesse d'une réaction est définie comme la variation de concentration en fonction du temps. Pour la réaction $A + B \rightleftharpoons C$

on a par conséquent :

$$v_A = -\frac{d[A]}{dt}; v_B = -\frac{d[B]}{dt}; v_C = \frac{d[C]}{dt}$$

Un défi lors des analyses de ce type est de mesurer en continu la concentration de l'un des réactants. Les réactions, dont un ou plusieurs réactants changent de couleur ou de niveau d'oxydation ou qui engendrent la formation de sels (augmentation de la conductivité), le permettent.

Une réaction peut être accélérée non seulement par augmentation de la concentration et de la température, mais aussi par l'ajout de catalyseurs. Comme les catalyseurs ne sont pas consommés au cours d'une réaction, il n'en faut pas beaucoup pour transformer de grandes quantités des substances réactives.

Dans l'expérience C4.1.1.1, de l'acide tartrique est transformé en CO_2 et H_2O par oxydation catalytique avec du peroxyde d'hydrogène. Le catalyseur chlorure de cobalt (II) hexahydraté accélère la réaction, mais ne participe pas à la transformation et, à la fin, il revient à son état initial. On suit la réaction en mesurant le potentiel redox et la température.



C4.1.2
ORDRES DE RÉACTION
C4.1.2.1
Hydrolyse de chlorure de butyle tertiaire
C4.1.2.2
Détermination de l'ordre de la réaction du vert malachite avec de la soude caustique

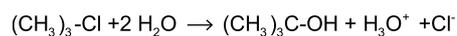
Hydrolyse de chlorure de butyle tertiaire (C4.1.2.1)

N° de cat.	Désignation	C4.1.2.1	C4.1.2.2
524 018	Pocket-CASSY 2 Bluetooth	1	1
524 019	Accu pour Pocket-CASSY 2 Bluetooth	1*	1*
524 0031	Dongle Bluetooth	1*	1*
524 220	CASSY Lab 2	1	1
524 0671	Connecteur adaptateur conductivité S	1	
529 670	Capteur de conductivité	1	
607 105	Mini-agitateur magnétique	1	1
664 103	Bécher DURAN, 250 ml, forme basse	1	3
300 11	Socle	1	1
301 26	Tige 25 cm, 10 mm Ø	1	
301 09	Noix double S	1	
666 555	Pince de serrage universelle 0...80 mm	1	1
665 754	Éprouvette graduée 100 ml, pied en plastique	1	
665 994	Pipette graduée, 1 ml	1	
666 003	Poire à pipeter	1	1
671 1450	Chlorure de tertibutyle, 100 ml	1	
670 0400	Acétone, 250 ml	1	
524 069	Photomètre à immersion S		1
666 851	Barreau aimanté, 25 mm x 6 mm Ø		1
665 756	Éprouvette graduée 500 ml, pied en plastique		1
665 755	Éprouvette graduée 250 ml, pied en plastique		1
665 753	Éprouvette graduée 50 ml, pied en plastique		1
667 7990	Balance d'analyse ABS 220-4N, 220 g : 0,0001 g		1
604 5651	Spatule cuillère Ni, 120 mm		1
665 793	Fiole jaugée, Boro 3.3, 100 ml		1

N° de cat.	Désignation	C4.1.2.1	C4.1.2.2
665 997	Pipette graduée, 10 ml		1
602 347	Flacon en verre borosilicaté 3.3 gradué		1
300 41	Tige 25 cm, 12 mm Ø		1
666 543	Noix de serrage perpendiculaire, 0...16 mm		1
661 243	Pissette en PE, 500 ml		1
673 1670	Vert malachite, 25 g		1
671 9720	Éthanol, solvant, 1 l		1
673 6800	Soude caustique, 100 g		1
675 3400	Eau, pure, 1 l		1
	Complément nécessaire : PC avec Windows XP/Vista/7/8	1	1

* complément recommandé

Dans l'expérience C4.1.2.1, l'hydrolyse de chlorure de butyle tertiaire (2-chloro-2-méthylpropane) engendre du butanol tertiaire et du chlorure d'hydrogène (HCl). Par protolyse, le HCl forme des ions d'hydronium et de chlore qui entraînent une forte augmentation de la conductivité :



Le changement de conductivité et la concentration du chlorure de butyle tertiaire servent à déterminer l'ordre de la réaction.

Dans l'expérience C4.1.2.2, du vert malachite est décoloré par de la soude caustique. Cette décoloration peut également être suivie à l'aide d'un photomètre à immersion. Ainsi, au cours de la réaction, on détermine la demi-vie, l'ordre de réaction et, sur la base de ces données, la constante de vitesse.



C4.1.3

INFLUENCE DE LA VITESSE DE RÉACTION

C4.1.3.1

Réaction du vert malachite avec des ions hydroxyde

Réaction du vert malachite avec des ions hydroxyde (C4.1.3.1)

N° de cat.	Désignation	C4.1.3.1
524 069	Photomètre à immersion S	1
524 018	Pocket-CASSY 2 Bluetooth	1
524 220	CASSY Lab 2	1
524 019	Accu pour Pocket-CASSY 2 Bluetooth	1*
524 0031	Dongle Bluetooth	1*
607 105	Mini-agitateur magnétique	1
666 851	Barreau aimanté, 25 mm x 6 mm Ø	4
664 103	Bécher DURAN, 250 ml, forme basse	4
665 756	Éprouvette graduée 500 ml, pied en plastique	1
665 755	Éprouvette graduée 250 ml, pied en plastique	1
665 753	Éprouvette graduée 50 ml, pied en plastique	1
667 7990	Balance d'analyse ABS 220-4N, 220 g : 0,0001 g	1
604 5651	Spatule cuillère Ni, 120 mm	1
665 793	Fiole jaugée, Boro 3.3, 100 ml	1
665 997	Pipette graduée, 10 ml	1
666 003	Poire à pipeter	1
602 347	Flacon en verre borosilicaté 3.3 gradué	1
300 11	Socle	1
300 41	Tige 25 cm, 12 mm Ø	1
666 543	Noix de serrage perpendiculaire, 0...16 mm	1
666 555	Pince de serrage universelle 0...80 mm	1
661 243	Pissette en PE, 500 ml	1
673 1670	Vert malachite, 25 g	1
671 9720	Éthanol, solvant, 1 l	1
673 6800	Soude caustique, 100 g	1

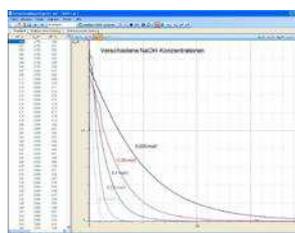
N° de cat.	Désignation	C4.1.3.1
675 3400	Eau, pure, 1 l	1
	Complément nécessaire : PC avec Windows XP/Vista/7/8	1

* complément recommandé

La vitesse d'une réaction peut être influencée par de nombreux paramètres, dont la température et la concentration de la substance réactive. Le choix du solvant peut également jouer un rôle.

Pour observer l'évolution d'une réaction, l'idéal est de profiter de réactions au cours desquelles un réactant change de couleur. On peut suivre aisément de telles réactions grâce à la photométrie, car la croissance ou la décroissance de l'absorbance se traduit directement par une modification de la concentration.

Dans l'expérience C4.1.3.1, la réaction du vert malachite avec des ions hydroxyde dans un bécher est suivie avec un photomètre à immersion. L'ajout de soude caustique décolore la solution initialement bleu-vert. Ce système simple permet d'étudier l'influence de la température, de la concentration et aussi du choix du solvant sur la vitesse de réaction.



Réaction du vert malachite avec de la soude caustique.



C4.2.1
LE LOI D'ACTION DE MASSE

C4.2.1.1
Influence de l'équilibre

Influence de l'équilibre (C4.2.1.1)

N° de cat.	Désignation	C4.2.1.1
664 268	Ballon à fond plat 250 ml	3
664 249	Fiolle Erlenmeyer Boro 3.3, 100 ml, col étroit	2
604 5681	Spatule à poudre, acier inoxydable, 150 mm	1
667 7977	Balance compacte 200 g : 0,01 g	1
665 754	Éprouvette graduée 100 ml, pied en plastique	1
666 854	Barreau aimanté, 50 mm x 8 mm Ø	1
607 105	Mini-agitateur magnétique	1
665 996	Pipette graduée, 5 ml	2
666 003	Poire à pipeter	1
665 009	Entonnoir PP, 75 mm Ø	1
666 859	Récupérateur d'agitateurs	1
671 8710	Chlorure ferrique hexahydraté, 250 g	1
672 7400	Thiocyanate de potassium, 100 g	1

L'une des principales lois de la chimie est la loi d'action de masse. Elle donne une idée du mécanisme des réactions chimiques et permet en même temps au chimiste d'influencer une réaction chimique pour générer les molécules de son choix. D'après la loi d'action de masse, la concentration des matières initiales d'une réaction chimique se trouve dans un rapport absolument constant avec la concentration des matières finales.

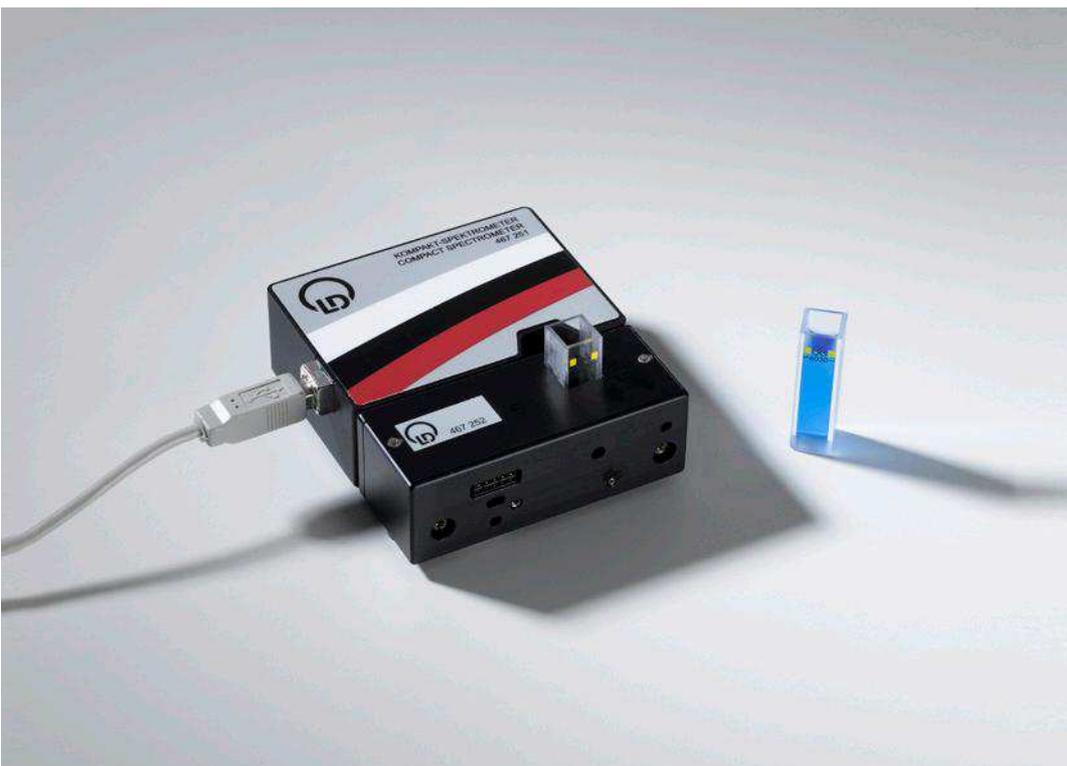
Dans l'expérience C4.2.1.1, on étudie l'équilibre chimique de la réaction du thiocyanate avec du fer. L'équilibre chimique est dynamique, car le mélange réactionnel comprend côte à côte le produit initial et le produit final. Dans des conditions d'équilibre, autant d'éléments réagissent dans un sens que dans l'autre. Les concentrations des réactants restent constantes et leur quotient est une constante appelée constante d'équilibre et notée K. Par l'ajout de l'une des substances participantes, on obtient un nouvel équilibre.

Pour la réaction étudiée ici

$$\text{Fe}^{3+} + 3 \text{SCN}^- \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{SCN})_3$$

la constante d'équilibre peut être calculée de la manière suivante.

$$\frac{[\text{Fe}(\text{SCN})_3]}{[\text{Fe}^{3+}] \cdot [\text{SCN}^-]^3} = K$$



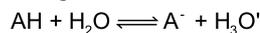
C4.2.2 ÉQUILIBRES DE PROTOLYSE

C4.2.2.1 Détermination de la constante d'acidité du bleu de bromothymol

Détermination de la constante d'acidité du bleu de bromothymol (C4.2.2.1)

N° de cat.	Désignation	C4.2.2.1
467 252	Spectromètre compact, complet	1
664 470	Cuve rectangulaire, 10 x 10 mm	2
665 996	Pipette graduée, 5 ml	1
666 003	Poire à pipeter	1
602 345	Flacon de laboratoire selon DIN, 100 ml, GL 45	5
665 754	Éprouvette graduée 100 ml, pied en plastique	2
602 782	Baguette en verre, 200 mm x 5 mm Ø	2
667 7977	Balance compacte 200 g : 0,01 g	1
667 4781	Ph-mètre numérique 201	1
674 4600	Solution-tampon set, pH 4, pH 7, pH 9, 250 ml	1
671 0800	Paraffine, épaisse, 100 ml	1
674 6950	Acide chlorhydrique 0,1 mol/l, 500 ml	1
673 8410	Soude caustique 0,1 mol/l, 500 ml	1
673 6710	Hydrogénophosphate de disodium	1
673 6010	Dihydrogénophosphate de sodium, 250 g	1
664 137	Bécher Boro 3.3, 100 ml, forme haute	1
661 243	Pissette en PE, 500 ml	1
675 3400	Eau, pure, 1 l	1
	Complément nécessaire : PC avec Windows XP/Vista/7/8	1

Dans le cas de la réaction d'acides (AH) avec de l'eau, la protolyse, il s'agit d'une réaction d'équilibre.



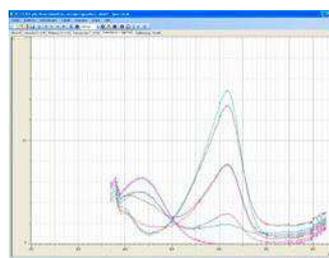
La constante d'équilibre K_a , appelée aussi constante d'acidité, caractérise la force d'un acide.

$$K = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{A}^-]}{[\text{HA}] \cdot [\text{H}_2\text{O}]}; K_a = K [\text{H}_2\text{O}] = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$$

Elle indique le rapport entre les formes protonée et non protonée de l'acide. Mais on indique généralement la valeur $\text{p}K_a$, donc le logarithme décimal négatif de la constante d'acidité.

La couleur de l'indicateur bleu de bromothymol (BBT) dépend du pH de la solution dans laquelle il se trouve. Ceci étant acquis, il s'agit dans l'expérience C4.2.2.1 de déterminer la valeur $\text{p}K_a$ du colorant à partir de sa couleur. La coloration permet de déterminer la concentration simultanée de la forme protonée (jaune) et non protonée (bleue) de l'indicateur, la valeur $\text{p}K_a$ pouvant alors être calculée au moyen de l'équation de Henderson-Hasselbach :

$$\text{pH} = \text{p}K_a + \log_{10} \left(\frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]} \right)$$



Spectres du bleu de bromothymol pour différents pH.



C4.3.3 CALORIMÉTRIE

C4.3.3.1 Détermination de l'enthalpie de combustion de l'acide benzoïque

Détermination de l'enthalpie de combustion de l'acide benzoïque (C4.3.3.1a)

N° de cat.	Désignation	C4.3.3.1a	C4.3.3.1b
666 429	Calorimètre pour solides et liquides, CPS	1	
666 428	Cadre profilé C 100 à 2 étages, CPS	1	
666 4660	Tableau magnétique, 300 mm	2	
666 4664	Support magnétique, taille 4, 27...29 mm	4	
664 800	Flacon laveur, corps	4	4
664 805	Tête de flacon laveur en verre avec tige droite	4	4
665 392ET10	Pincés en plastique pour rodage, RN 29/32, jeu de 10	1	1
667 312	Raccord en verre, 2 x GL 18	3	
301 312	Console	1	
726 21	Plate-forme pour appareils, 350 mm	1	
524 013	Sensor-CASSY 2	1	1
524 220	CASSY Lab 2	1	1
524 0673	Connecteur adaptateur NiCr-Ni S, type K	1	1
529 676	Sonde de température NiCr-Ni, 1,5 mm, type K	1	1
667 183	Tuyau caoutchouc, 1 m x 8 mm Ø	1	1
667 197	Tuyau silicone, 4 mm Ø, 1 m	1	1
604 510	Raccord de tuyaux, PP, droit, 4/15 mm Ø	1	1
521 546	Alimentation CC 0...16 V/0...5 A	1	1
521 231	Transformateur variable TBT 3/6/9/12 V	1	1
666 819	Agitateur à filetage GL 32	1	1
501 45	Câbles d'expérimentation 19 A, 50 cm, rouge/bleu, paire	3	3
660 998	Bouteille de gaz comprimé Minican, oxygène	1	1
660 980	Soupape de réglage de précision pour bouteille de gaz comprimé Minican	1	1
ADA HCB3001	Balance compacte, 3000 g : 0,1 g	1	1
667 7977	Balance compacte 200 g : 0,01 g	1	1
608 360	Pilon, 54 mm	1	1

N° de cat.	Désignation	C4.3.3.1a	C4.3.3.1b
667 092	Mortier en porcelaine, 70 mm Ø	1	
670 8300	Acide benzoïque, 50 g	1	1
673 8420	Solution de soude caustique, 1 mol/l, 500 ml	1	1
674 7850	Acide sulfurique, 95-98 %, 250 ml	1	1
667 325	Calorimètre pour solides et liquides		1
666 603	Rail de base 95 cm		1
301 09	Noix double S		8
666 615	Noix universelle		4
301 72	Pince de fixation universelle		2
666 555	Pince de serrage universelle 0...80 mm		5
301 27	Tige 50 cm, 10 mm Ø		4
	Complément nécessaire : PC avec Windows XP/Vista/7/8	1	1

Dans l'expérience C4.3.3.1, on mesure l'augmentation de température dans le calorimètre de démonstration pendant la combustion d'acide benzoïque. La substance est pesée avant et après la combustion. La combustion a lieu en atmosphère d'oxygène, l'allumage étant assuré par un filament incandescent. Pour calculer l'énergie libérée, soit on utilise une capacité thermique (déterminée au préalable) du calorimètre rempli, soit on se sert des différentes valeurs théoriques pour les capacités thermiques de l'enceinte en verre et du liquide calorimétrique. La quantité de chaleur Q est calculée selon la formule suivante :

$$Q = \Delta T \cdot (m_k \cdot C_k + m(\text{H}_2\text{O}) \cdot C(\text{H}_2\text{O}))$$

ΔT est la différence de température mesurée, m_k et $m(\text{H}_2\text{O})$ la masse du calorimètre et de l'eau et C_k et $C(\text{H}_2\text{O})$ les capacités thermiques de l'appareillage en verre et de l'eau. Pour calculer l'enthalpie de combustion ΔH , il faut soustraire l'énergie d'allumage, qui a également contribué à réchauffer l'appareillage, et reporter la quantité de chaleur à une mole de substance. La variante (a) est montée dans un cadre CPS pour plaques de chimie et la variante (b) sur un support.



C4.3.3 CALORIMÉTRIE

C4.3.3.3
Détermination de la chaleur
de neutralisation d'acides et
de bases

Détermination de la chaleur de neutralisation d'acides et de bases (C4.3.3.3)

N° de cat.	Désignation	C4.3.3.3
524 018	Pocket-CASSY 2 Bluetooth	1
524 019	Accu pour Pocket-CASSY 2 Bluetooth	1*
524 0031	Dongle Bluetooth	1*
524 220	CASSY Lab 2	1
524 0673	Connecteur adaptateur NiCr-Ni S, type K	1
529 676	Sonde de température NiCr-Ni, 1,5 mm, type K	1
607 105	Mini-agitateur magnétique	1
666 850	Barreau aimanté, 15 mm x 5 mm Ø	1
602 023	Bécher Boro 3.3, 150 ml, forme basse	3
665 753	Éprouvette graduée 50 ml, pied en plastique	2
300 11	Socle	1
301 26	Tige 25 cm, 10 mm Ø	1
301 09	Noix double S	1
673 8400	Solution d'hydroxyde de sodium, dilué, env. 2 M, 500 ml	1
673 8420	Solution de soude caustique, 1 mol/l, 500 ml	1
674 6920	Acide chlorhydrique env. 2 mol/l, 500 ml	1
674 6900	Acide hydrochlorique, 1 mol/l, 500 ml	1
671 9550	Acide acétique, dilué (env. 2 mol/l), 500 ml	1
	Complément nécessaire : PC avec Windows XP/Vista/7/8	1

* complément recommandé

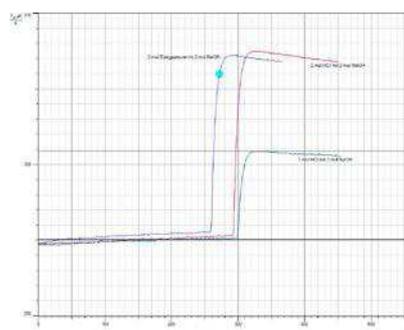
La calorimétrie désigne la mesure des quantités de chaleur. Celles-ci sont liées à des processus biologiques, chimiques ou physiques, exothermes ou endothermes. Pour déterminer des quantités de chaleur, on utilise un calorimètre.

Lorsque des acides forts et des bases fortes réagissent entre eux, de l'énergie est cédée à l'environnement sous forme de chaleur (appelée chaleur de neutralisation). Dans l'expérience C4.3.3.3, on neutralise entre elles des quantités mesurées d'acide chlorhydrique et de soude caustique de même température. On mesure l'augmentation de la température ΔT , puis on en déduit la quantité de chaleur Q_p :

$$Q_p = \Delta T \cdot (C_{H_2O} \cdot m + C_k)$$

Connaissant la quantité de chaleur, on peut calculer l'enthalpie molaire de neutralisation $\Delta_R H_m$:

$$\Delta_R H_m = \frac{Q_p}{n}$$



Détermination de la chaleur de neutralisation



C4.3.3 CALORIMÉTRIE

C4.3.3.4 Détermination de l'enthalpie de mélange

Détermination de l'enthalpie de mélange (C4.3.3.4)

N° de cat.	Désignation	C4.3.3.4
524 018	Pocket-CASSY 2 Bluetooth	1
524 0031	Dongle Bluetooth	1*
524 019	Accu pour Pocket-CASSY 2 Bluetooth	1*
524 220	CASSY Lab 2	1
386 40	Vase de Dewar, démonstration	1
529 676	Sonde de température NiCr-Ni, 1,5 mm, type K	1
524 0673	Connecteur adaptateur NiCr-Ni S, type K	1
664 155	Verre de montre, 100 mm	1
607 105	Mini-agitateur magnétique	1
666 850	Barreau aimanté, 15 mm x 5 mm Ø	1
300 11	Socle	1
301 26	Tige 25 cm, 10 mm Ø	1
301 09	Noix double S	1
602 953	Éprouvette graduée Boro 3.3, 100 ml, pied en verre	1
665 994	Pipette graduée, 1 ml	1
665 997	Pipette graduée, 10 ml	1
666 003	Poire à pipeter	1
670 0410	Acétone, 1 l	1
675 3400	Eau, pure, 1 l	1
	Complément nécessaire : PC avec Windows XP/Vista/7/8	1

* complément recommandé

Lorsque deux substances A et B sont mélangées entre elles sans qu'il ne se produise de réaction chimique, des chaleurs de mélange sont libérées ou consommées. Si le mélange se produit à pression constante, la chaleur de mélange équivaut à l'enthalpie de mélange.

L'enthalpie de mélange résulte de la différence des énergies d'interaction des molécules de même type dans les composants purs ainsi que de l'énergie d'interaction entre les molécules de différentes sortes rencontrées dans le mélange. Si l'interaction entre les molécules de même type est plus forte que celle apparaissant entre les molécules de différentes sortes, le mélange nécessite de l'énergie et la solution refroidit. Dans le cas inverse, la solution chauffe.

Dans l'expérience C4.3.3.4, on détermine l'enthalpie de mélange de deux solutions de différentes concentrations et on mesure la libération de la chaleur de mélange.



C4.4.1 CONDUCTIVITÉ ET IONS

C4.4.1.1 Le transport ionique dans les liquides

Le transport ionique dans les liquides (C4.4.1.1)

N° de cat.	Désignation	C4.4.1.1
664 091	Double tube en U, 160 mm, avec 2 éléments frittés G4	1
664 369	Électrodes droites, lame platine, jeu de 2	1
664 4071	Appareil de démonstration Electrochimie, CPS	1
501 44	Câbles d'expérimentation 19 A, 25 cm, rouge/bleu, paire	1
666 425	Cadre profilé C 50 à 2 étages, CPS	1
666 472	Plateau pour l'électrochimie, CPS	1
591 21	Fiche à ressort, grande	2
665 754	Éprouvette graduée 100 ml, pied en plastique	1
665 753	Éprouvette graduée 50 ml, pied en plastique	1
665 752	Éprouvette graduée 25 ml, pied en plastique	1
602 022	Bécher Boro 3.3, 100 ml, forme basse	2
664 130	Bécher Boro 3.3, 250 ml, forme basse	1
665 217	Baguette d'agitation en verre 500 mm x 8 mm Ø, lot de 10	3
604 5682	Spatule à poudre, acier inoxydable, 185 mm	1
667 297	Joints en silicone GL 25/8, jeu de 10	1
667 255	Bouchon en caoutchouc plein, 16 ... 21 mm Ø	1
667 7977	Balance compacte 200 g : 0,01 g	1
670 4910	Sulfate d'ammonium, 500 g	1
672 7000	Permanganate de potassium, 100 g	1
672 9600	Sulfate de cuivre (II) pentahydraté, 100 g	1
670 3600	Solution ammoniacale, 25 %, 250 ml	1
675 3500	Peroxyde d'hydrogène, 30 %, 250 ml	1
674 6691	Acide nitrique 1 mol/l, 1 l	1

Contrairement aux solides dans lesquels le courant est transporté par des électrons (conducteurs du 1er ordre), seuls les ions sont en mesure de conduire les charges dans les liquides (conducteurs du 2ème ordre). La conductivité dépend tant du nombre que de la mobilité des ions présents dans le liquide.

La conductivité repose sur le fait que des ions migrent dans le champ électrique. Les anions (négatifs) se déplacent vers le pôle positif, les cations (positifs) vers le pôle négatif. Dans l'expérience C4.4.1.1, on observe ce déplacement. On utilise pour cela l'anion coloré permanganate (MnO_4^-) et le cation coloré tétrammine de cuivre ($\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+}$). On peut ainsi déterminer le sens de déplacement mais aussi l'ordre de grandeur de la vitesse.



C4.4.1
CONDUCTIVITÉ ET IONS

C4.4.1.2
Détermination de la vitesse de migration d'ions permanganate

Détermination de la vitesse de migration d'ions permanganate (C4.4.1.2)

N° de cat.	Désignation	C4.4.1.2
664 4071	Appareil de démonstration Electrochimie, CPS	1
664 401	Electrochimie, jeu d'accessoires	1
666 425	Cadre profilé C 50 à 2 étages, CPS	1
666 472	Plateau pour l'électrochimie, CPS	1
665 754	Éprouvette graduée 100 ml, pied en plastique	1
664 101	Bécher DURAN, 100 ml, forme basse	4
382 21	Thermomètre agitateur, -30...+110 °C/1 K	1
664 153	Verre de montre, 60 mm Ø	1
604 5682	Spatule à poudre, acier inoxydable, 185 mm	1
666 8471	Agitateur magnétique à plaque chauffante	1
602 725	Coupelle de laboratoire Boro 3.3, 140 x 75 mm Ø, 900 ml	1
667 7977	Balance compacte 200 g : 0,01 g	1
672 6800	Nitrate de potassium, 100 g	1
672 7000	Permanganate de potassium, 100 g	1
670 1600	Agar-Agar, 50 g	1
674 6900	Acide hydrochlorique, 1 mol/l, 500 ml	1
675 3500	Peroxyde d'hydrogène, 30 %, 250 ml	1
LDS 00001	Chronomètre numérique manuel	1

Dans une solution, les ions se déplacent vers le pôle de charge opposée. La vitesse de migration dépend de nombreux facteurs, entre autres de la taille et de l'hydratation de l'ion. Dans l'expérience C4.4.1.2, on détermine la vitesse de migration des ions permanganate.



Détermination de la conductivité spécifique (C4.4.1.3)

C4.4.1 CONDUCTIVITÉ ET IONS

C4.4.1.3 Détermination de la conductivité spécifique

N° de cat.	Désignation	C4.4.1.3
664 4071	Appareil de démonstration Electrochimie, CPS	1
664 401	Electrochimie, jeu d'accessoires	1
666 425	Cadre profilé C 50 à 2 étages, CPS	1
666 472	Plateau pour l'électrochimie, CPS	1
604 5682	Spatule à poudre, acier inoxydable, 185 mm	1
665 212ET10	Baguette d'agitation en verre 200 mm x 8 mm Ø, lot de 10	1

La conductivité d'une solution dépend du type et de la quantité des ions dissous. Chaque type d'ion présente une conductivité spécifique κ qui représente la valeur inverse de la résistance spécifique ζ . La conductivité dépend de la longueur du conducteur (écart des électrodes) l et de la section des électrodes q , selon la formule suivante :

$$\kappa = \frac{1}{\zeta} = \frac{1}{R} \times \frac{l}{q}$$

Dans l'expérience C4.4.1.3, on détermine la conductivité spécifique de l'eau du robinet. Par ailleurs, on étudie l'influence de l'écartement des électrodes sur la conductivité.



C4.4.1 CONDUCTIVITÉ ET IONS

C4.4.1.4
Dissociation électrolytique :
influence de la concentration de
l'électrolyte sur la conductivité

Dissociation électrolytique : influence de la concentration de l'électrolyte sur la conductivité (C4.4.1.4)

N° de cat.	Désignation	C4.4.1.4
524 018	Pocket-CASSY 2 Bluetooth	1
524 220	CASSY Lab 2	1
524 019	Accu pour Pocket-CASSY 2 Bluetooth	1*
524 0031	Dongle Bluetooth	1*
524 0671	Connecteur adaptateur conductivité S	1
529 670	Capteur de conductivité	1
665 792	Fliole jaugée, Boro 3.3, 50 ml	1
665 845	Burette en verre clair, 25 ml, robinet latéral (PTFE)	2
664 103	Bécher DURAN, 250 ml, forme basse	2
607 105	Mini-agitateur magnétique	1
604 591	Barreaux oval, 30mm	1
667 7990	Balance d'analyse ABS 220-4N, 220 g : 0,0001 g	1
300 02	Pied en V, petit	1
300 43	Tige 75 cm, 12 mm Ø	1
301 09	Noix double S	1
666 555	Pince de serrage universelle 0...80 mm	1
666 559	Porte-burette pour 1 burette, à rouleaux	1
665 816	Entonnoir pour burette, plastique, 25 mm Ø	1
671 9560	Acide acétique, 0,1 mol/l, 500 ml	1
672 5200	Chlorure de potassium, 100g	1
	Complément nécessaire : PC avec Windows XP/Vista/7/8	1

* complément recommandé

La conductivité d'une solution dépend de la concentration. On distingue des électrolytes forts et des électrolytes faibles. Tandis que les électrolytes forts sont complètement dissociés, la dissociation des électrolytes faibles dépend fortement de la concentration.

L'expérience C4.4.1.4 étudie ce comportement sur du chlorure de potassium et de l'acide acétique et détermine entre autres la conductivité équivalente.



C4.4.3

POTENTIELS ÉLECTROCHIMIQUES

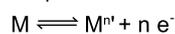
C4.4.3.1 La série électrochimique

La série électrochimique (C4.4.3.1_a)

N° de cat.	Désignation	C4.4.3.1 (a)
664 4071	Appareil de démonstration Électrochimie, CPS	1
664 401	Électrochimie, jeu d'accessoires	1
666 425	Cadre profilé C 50 à 2 étages, CPS	1
666 472	Plateau pour l'électrochimie, CPS	1
667 7977	Balance compacte 200 g : 0,01 g	1
665 754	Éprouvette graduée 100 ml, pied en plastique	1
602 032	Bécher DURAN, 150 ml, forme haute	4
665 212ET10	Baguette d'agitation en verre 200 mm x 8 mm Ø, lot de 10	1
672 9600	Sulfate de cuivre (II) pentahydraté, 100 g	1
675 5410	Sulfate de zinc heptahydraté, 250 g	1
674 8610	Nitrate d'argent, 25 g	1
670 9650	Solution de nitrate de plomb, approx. 1 M, 500 ml	1*
671 9110	Sulfate ferreux heptahydraté, 250 g	1
673 9000	Sulfate de Nickel, 100 g	1*

* complément recommandé

Si un métal M est plongé dans une solution de son ion M^{n+} , la tendance de celle-ci à la dissolution et à la séparation engendre un potentiel.



Ce n'est qu'en combinant deux demi-piles de ce genre en une cellule galvanique qu'on obtient une différence de potentiel mesurable (tension, force électromotrice).

Les métaux peuvent être nobles ou communs. Cette propriété dépend du potentiel de la demi-cellule d'un métal. Dans l'expérience C4.4.3.1, des mesures de tension effectuées sur des combinaisons de différents métaux permettent d'établir une série électrochimique des métaux. Le demi-élément le plus noble ou le plus commun peut servir de point de référence.

L'expérience peut être réalisée selon deux variantes : dans la variante C4.4.3.1 (a), l'expérience est réalisée avec l'appareil de démonstration Électrochimie et, dans la variante C4.4.3.1 (b), avec un pont salin.



C4.4.3 POTENTIELS ÉLECTROCHIMIQUES

C4.4.3.1
La série électrochimique
avec un pont salin

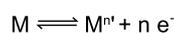
La série électrochimique avec un pont salin (C4.4.3.1_b)

N° de cat.	Désignation	C4.4.3.1 (b)
531 836	Instrument de mesure universel Chimie	1
524 0621	Capteur UIP S	1
602 010	Bécher Boro 3.3, 150 ml, forme haute	7
665 212ET10	Baguette d'agitation en verre 200 mm x 8 mm Ø, lot de 10	1
667 455	Tube en U pour pont salin, 90 mm x 90 mm, 20 mm Ø	1
667 255	Bouchon en caoutchouc plein , 16 ... 21 mm Ø	1
501 45	Câbles d'expérimentation 19 A, 50 cm, rouge/bleu, paire	1
501 861	Pinces crocodile nues, jeu de 6	1
667 7977	Balance compacte 200 g : 0,01 g	1
665 754	Éprouvette graduée 100 ml, pied en plastique	1
300 11	Socle	1
300 41	Tige 25 cm, 12 mm Ø	1
301 09	Noix double S	1
666 555	Pince de serrage universelle 0...80 mm	1
604 5682	Spatule à poudre, acier inoxydable, 185 mm	1
672 6800	Nitrate de potassium, 100 g	1
675 3400	Eau, pure, 1 l	1
591 53	Électrodes de cuivre en plaque, jeu de 10	1
672 9600	Sulfate de cuivre (II) pentahydraté, 100 g	1
591 54	Électrodes de zinc en plaque, jeu de 10	1
675 5410	Sulfate de zinc heptahydraté, 250 g	1
664 421	Électrodes d'argent en plaque, 55 x 40 mm, jeu de 2	1
674 8610	Nitrate d'argent, 25 g	1
591 55	Électrodes de fer en plaque, jeu de 10	1
671 9110	Sulfate ferreux heptahydraté, 250 g	1

N° de cat.	Désignation	C4.4.3.1 (b)
591 56	Électrodes de nickel en plaque, jeu de 5	1*
673 9000	Sulfate de Nickel, 100 g	1*
591 591	Électrodes de plomb en plaque, jeu de 2	1*
670 9650	Solution de nitrate de plomb, approx. 1 M, 500 ml	1*

* complément recommandé

Si un métal M est plongé dans une solution de son ion M^{n+} , la tendance de celle-ci à la dissolution et à la séparation engendre un potentiel.



Ce n'est qu'en combinant deux demi-piles de ce genre en une cellule galvanique qu'on obtient une différence de potentiel mesurable (tension, force électromotrice).

Les métaux peuvent être nobles ou communs. Cette propriété dépend du potentiel de la demi-cellule d'un métal. Dans l'expérience C4.4.3.1, des mesures de tension effectuées sur des combinaisons de différents métaux permettent d'établir une série électrochimique des métaux. Le demi-élément le plus noble ou le plus commun peut servir de point de référence.

L'expérience peut être réalisée selon deux variantes : dans la variante C4.4.3.1 (a), l'expérience est réalisée avec l'appareil de démonstration Électrochimie et, dans la variante C4.4.3.1 (b), avec un pont salin.



C4.4.3 POTENTIELS ÉLECTROCHIMIQUES

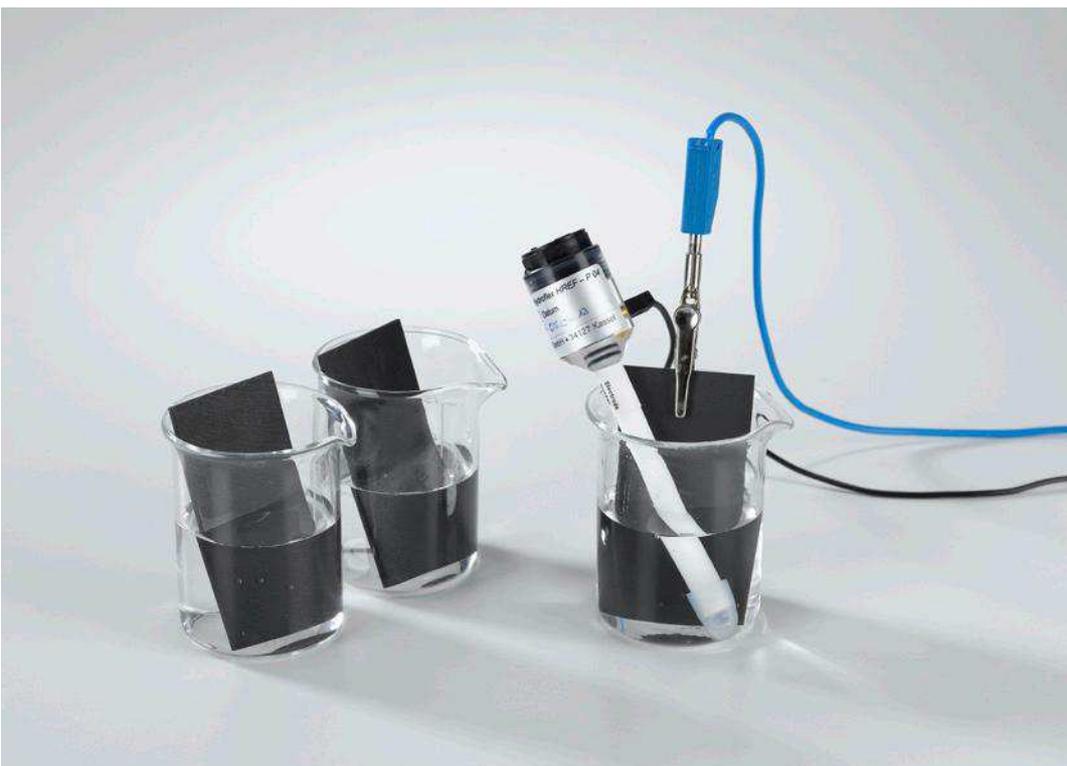
C4.4.3.2 Potentiels standard de différents métaux

Potentiels standard de différents métaux (C4.4.3.2_a)

N° de cat.	Désignation	C4.4.3.2 (a)	C4.4.3.2 (b)
664 4071	Appareil de démonstration Électrochimie, CPS	1	
664 401	Électrochimie, jeu d'accessoires	1	
666 425	Cadre profilé C 50 à 2 étages, CPS	1	
666 472	Plateau pour l'électrochimie, CPS	1	
602 043	Bécher DURAN, 150 ml, forme basse	3	
667 7977	Balance compacte 200 g : 0,01 g	1	1
665 754	Éprouvette graduée 100 ml, pied en plastique	1	1
672 9600	Sulfate de cuivre (II) pentahydraté, 100 g	1	1
675 5410	Sulfate de zinc heptahydraté, 250 g	1	1
674 6910	1 N Acide chlorhydrique, 1 l	1	
672 1901	Acide hexachloroplatinique, 5 g	1	
675 3400	Eau, pure, 1 l	1	1
664 412	Électrode standard à hydrogène HydroFlex		1
531 836	Instrument de mesure universel Chimie		1
524 0621	Capteur UIP S		1
300 41	Tige 25 cm, 12 mm Ø		1
300 11	Socle		1
301 09	Noix double S		1
666 555	Pince de serrage universelle 0...80 mm		1
664 111	Bécher DURAN, 100 ml, forme haute		4
667 455	Tube en U pour pont salin, 90 mm x 90 mm, 20 mm Ø		1
667 255	Bouchon en caoutchouc plein, 16 ... 21 mm Ø		1
591 53	Électrodes de cuivre en plaque, jeu de 10		1
591 54	Électrodes de zinc en plaque, jeu de 10		1
571 26	Câbles adaptateurs de 2/4 mm, 30 cm, bleus, jeu de 5		1

N° de cat.	Désignation	C4.4.3.2 (a)	C4.4.3.2 (b)
500 411	Câble d'expérimentation 19 A, 25 cm, rouge		1
501 861	Pinces crocodile nues, jeu de 6		1
672 6800	Nitrate de potassium, 100 g		1
674 7920	Acide sulfurique, dilué, env. 2 N (= 10 %), 500 ml		1

Pour déterminer le potentiel d'une demi-pile, il faut une grandeur de référence. À l'échelle internationale, on s'est mis d'accord sur la demi-pile H_2/H_3O^+ comme pile de référence. Le potentiel $E_0 = 0,00 V$ a été délibérément affecté à cette électrode standard à hydrogène. L'expérience C4.4.3.2 consiste à mesurer les potentiels standard de différents métaux au moyen d'une électrode standard à hydrogène. On se sert pour cela soit de l'appareil de démonstration Électrochimie (expérience C4.4.3.2 [a]), soit de l'instrument de mesure universel Chimie et d'une électrode standard à hydrogène préfabriquée (expérience C4.4.3.2 [b]).



C4.4.3 POTENTIELS ÉLECTROCHIMIQUES

C4.4.3.3
Potentiels standard de
différents non-métaux

Potentiels standard de différents non-métaux (C4.4.3.3_b)

N° de cat.	Désignation	C4.4.3.3 (a)	C4.4.3.3 (b)
664 4071	Appareil de démonstration Electrochimie, CPS	1	
664 401	Electrochimie, jeu d'accessoires	1	
666 425	Cadre profilé C 50 à 2 étages, CPS	1	
666 472	Plateau pour l'électrochimie, CPS	1	
602 032	Bécher DURAN, 150 ml, forme haute	4	
667 7977	Balance compacte 200 g : 0,01 g	1	1
665 754	Éprouvette graduée 100 ml, pied en plastique	1	1
673 5700	Chlorure de sodium, 250 g	1	1
674 6910	1 N Acide chlorhydrique, 1 l	1	
672 4920	Bromure de potassium, 250 g	1	1
672 6620	Iodure de potassium, 50 g	1	1
672 1901	Acide hexachloroplatinique, 5 g	1	
675 3400	Eau, pure, 1 l	1	1
664 412	Électrode standard à hydrogène HydroFlex		1
531 836	Instrument de mesure universel Chimie		1
524 0621	Capteur UIP S		1
591 61	Électrodes de charbon en plaque, jeu de 5		1
664 111	Bécher DURAN, 100 ml, forme haute		5
667 455	Tube en U pour pont salin, 90 mm x 90 mm, 20 mm Ø		1
667 255	Bouchon en caoutchouc plein, 16 ... 21 mm Ø		1
571 26	Câbles adaptateurs de 2/4 mm, 30 cm, bleus, jeu de 5		1
500 411	Câble d'expérimentation 19 A, 25 cm, rouge		1
501 861	Pincés crocodile nues, jeu de 6		1
672 6800	Nitrate de potassium, 100 g		1
674 7920	Acide sulfurique, dilué, env. 2 N (= 10 %), 500 ml		1

L'expérience C4.4.3.3 consiste à mesurer les potentiels standard de différents non-métaux. On se sert pour cela soit de l'appareil de démonstration Electrochimie (expérience C4.4.3.3 [a]), soit de l'instrument de mesure universel Chimie et d'une électrode standard à hydrogène préfabriquée (expérience C4.4.3.3 [b]).



C4.4.3 POTENTIELS ÉLECTROCHIMIQUES

C4.4.3.4 Potentiels de concentration (équation de Nernst)

Potentiels de concentration (équation de Nernst) (C4.4.3.4)

N° de cat.	Désignation	C4.4.3.4
664 4071	Appareil de démonstration Électrochimie, CPS	1
664 401	Électrochimie, jeu d'accessoires	1
666 425	Cadre profilé C 50 à 2 étages, CPS	1
666 472	Plateau pour l'électrochimie, CPS	1
665 754	Éprouvette graduée 100 ml, pied en plastique	1
665 996	Pipette graduée, 5 ml	1
666 003	Poire à pipeter	1
664 113	Bécher DURAN, 250 ml, forme haute	3
666 711	Bec autonome à butagaz	1
666 681	Trépied, 22 cm x 14 cm Ø	1
666 685	Toile calorifuge, 160 mm x 160 mm	1
674 8800	Solution de nitrate d'argent, 0,1 mol/l, 250 ml	1

La combinaison de deux demi-piles de même type, qui ne se distinguent que par la concentration c de leurs solutions électrolytiques, engendre également une différence de potentiel entre elles. Le rapport général est décrit par l'équation de Nernst :

$$E = E^0 + \frac{R \cdot T}{n \cdot F} \ln c(M^{n+})$$

Le potentiel E dépend par conséquent de la température en Kelvin T et du facteur de proportionnalité R , de la constante universelle des gaz, de même que de la valence ionique n et de la constante de Faraday F . Dans l'expérience C4.4.3.4, on étudie également l'influence de la concentration et de la température.



C4.4.4 ÉLÉMENTS GALVANIQUES

C4.4.4.1 La pile Daniell

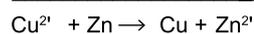
La pile Daniell (C4.4.4.1)

N° de cat.	Désignation	C4.4.4.1
664 397	Pile Daniell	1
664 4071	Appareil de démonstration Electrochimie, CPS	1
301 339	Paire d'embases	1
501 45	Câbles d'expérimentation 19 A, 50 cm, rouge/bleu, paire	1
501 44	Câbles d'expérimentation 19 A, 25 cm, rouge/bleu, paire	1
665 793	Fiole jaugée, Boro 3.3, 100 ml	4
665 997	Pipette graduée, 10 ml	2
666 003	Poire à pipeter	1
672 9610	Sulfate de cuivre pentahydraté, 250 g	1
675 5410	Sulfate de zinc heptahydraté, 250 g	1

Une cellule galvanique est l'ensemble constitué par deux demi-piles (ou demi-cellules) reliées par une jonction électrolytique. Une demi-pile contient une électrode qui trempe dans un électrolyte. Le matériau de l'électrode peut contenir des métaux ou des non-métaux.

Dans la cellule galvanique se déroulent les processus inverses de l'électrolyse. De l'énergie chimique est transformée en énergie électrique.

L'expérience C4.4.4.1 étudie la propriété d'une pile Cu/Zn (pile Daniell). Dans une pile Daniell, une lame de cuivre trempe dans une solution de sulfate de cuivre(II) et une lame en zinc trempe dans une solution de sulfate de zinc. Les solutions sont séparées l'une de l'autre par un diaphragme (cloison poreuse). La réaction d'oxydoréduction ne commence que lorsqu'on relie les lames de cuivre et de zinc par un câble qui permet le contact électrique entre les deux solutions, sans qu'elles ne se mélangent.





La pile Leclanché (C4.4.4.2)

C4.4.4 ÉLÉMENTS GALVANIQUES

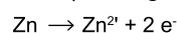
C4.4.4.2 La pile Leclanché

N° de cat.	Désignation	C4.4.4.2
664 398	Pile Leclanché	1
664 4071	Appareil de démonstration Electrochimie, CPS	1
301 339	Paire d'embases	1
501 45	Câbles d'expérimentation 19 A, 50 cm, rouge/bleu, paire	1
501 44	Câbles d'expérimentation 19 A, 25 cm, rouge/bleu, paire	1
602 010	Bécher Boro 3.3, 150 ml, forme haute	1
664 131	Bécher Boro 3.3, 400 ml, forme basse	1
666 8471	Agitateur magnétique à plaque chauffante	1
670 4010	Chlorure d'ammonium, 250 g	1
674 9210	Amidon, soluble, 250 g	1

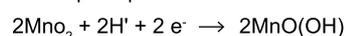
La pile Leclanché est une batterie au zinc et charbon. Le pôle négatif du boîtier d'acier contenant la pile est en zinc. Le pôle positif est une barre de graphite qui est entourée d'un mélange de poudre de graphite et de dioxyde de manganèse. Une solution gélifiée de chlorure d'ammonium à 20 % sert d'électrolyte et empêche la pile de couler.

L'expérience C4.4.4.2 illustre le principe de cette pile sèche. La tension de la pile est mesurée d'abord à l'état hors charge à l'aide de l'appareil de démonstration Electrochimie. Ensuite, on relie la pile Leclanché au moteur et on mesure en même temps la tension et le courant.

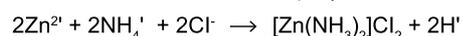
Réaction au pôle négatif :



Réaction au pôle positif :



Réaction dans la solution électrolytique :





C4.4.5 ÉLECTROLYSE

C4.4.5.1 Polarisation électrolytique

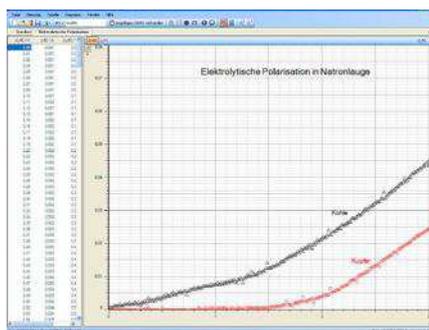
Polarisation électrolytique (C4.4.5.1)

N° de cat.	Désignation	C4.4.5.1
524 011USB	Power-CASSY USB	1
524 220	CASSY Lab 2	1
664 373	Porte-électrodes	1
664 370	Électrodes droites au charbon, jeu de 2	1
664 374	Électrodes droites de cuivre, jeu de 2	1
664 378	Électrodes droites de zinc, jeu de 2	1
664 130	Bécher Boro 3.3, 250 ml, forme basse	1
501 45	Câbles d'expérimentation 19 A, 50 cm, rouge/bleu, paire	1
300 11	Socle	1
300 41	Tige 25 cm, 12 mm Ø	1
301 09	Noix double S	1
673 8410	Soude caustique 0,1 mol/l, 500 ml	1
672 9660	Solution de sulfate de cuivre, env. 1 M (= 15 %), 500 ml	1
	Complément nécessaire : PC avec Windows XP/Vista/7/8	1

Si un courant électrique continu traverse un électrolyte, il provoque en lui des réactions chimiques. Les modifications qui apparaissent alors dans l'électrolyte et sur les électrodes sont appelées l'électrolyse.

Une réaction chimique peut avoir lieu, car sous l'effet du courant continu, des électrons affluent dans la solution au pôle négatif (cathode) tandis que simultanément, au pôle positif (anode), des électrons se déplacent de la solution vers l'électrode. La cathode est ainsi le siège d'une réduction et l'anode le siège d'une oxydation.

Dans l'expérience C4.4.5.1, la tension est augmentée en partant de zéro pendant une électrolyse. On observe qu'un courant notable ne passe qu'à partir d'une certaine valeur. Cette tension est appelée tension de décomposition et se compose de la tension de polarisation et de la surtension. Les deux grandeurs dépendent du matériau des électrodes. Différents matériaux d'électrode sont étudiés dans l'expérience C4.4.5.1.



Polarisation au niveau des électrodes de charbon et de cuivre.



C4.4.5 ÉLECTROLYSE

C4.4.5.2 Détermination de la constante de Faraday

Détermination de la constante de Faraday (C4.4.5.2)

N° de cat.	Désignation	C4.4.5.2
664 350	Électrolyseur en U	1
382 35	Thermomètre, -10...+50 °C/0,1 K	1
531 832	Multimètre numérique P	1
521 546	Alimentation CC 0...16 V/0...5 A	1
501 46	Câbles d'expérimentation 19 A, 100 cm, rouge/bleu, paire	1
501 45	Câbles d'expérimentation 19 A, 50 cm, rouge/bleu, paire	1
665 755	Éprouvette graduée 250 ml, pied en plastique	1
649 45	Plateau de rangement, 552 mm x 459 mm x 48 mm	1
674 7920	Acide sulfurique, dilué, env. 2 N (= 10 %), 500 ml	1

Lors de l'électrolyse, les processus de conduction électrique sont liés à une séparation de substances. La quantité de substance séparée est proportionnelle à la charge transportée Q qui a traversé l'électrolyte. Ce rapport correspond à la loi de Faraday.

$$Q = n \cdot F \cdot z$$

z = valence de l'ion utilisé

F = constante de Faraday

Dans l'expérience C4.4.5.2, on détermine la constante de Faraday F . Pour cela, une quantité définie d'hydrogène est produite avec un voltamètre d'Hofmann. L'indice molaire n des atomes d'hydrogène séparés est calculé à l'aide de l'équation des gaz parfaits à partir du volume V . En même temps, la quantité de charge Q requise est déterminée à partir du travail électrique W .



C4.4.6 PROCÉDÉS GALVANIQUE EN TECHNIQUE

C4.4.6.1 Galvanisation d'un métal

Galvanisation d'un métal (C4.4.6.1)

N° de cat.	Désignation	C4.4.6.1
664 4071	Appareil de démonstration Electrochimie, CPS	1
301 339	Paire d'embases	1
664 137	Bécher Boro 3.3, 100 ml, forme haute	1
664 138	Bécher Boro 3.3, 250 ml, forme haute	1
664 382	Électrodes de cuivre en plaque, 43 x 28 mm, jeu de 10	1
501 45	Câbles d'expérimentation 19 A, 50 cm, rouge/bleu, paire	1
501 861	Pinces crocodile nues, jeu de 6	1
666 767	Plaque chauffante, 1500 W	1
667 0344	Pincette arrondies, 145 mm	1
664 153	Verre de montre, 60 mm Ø	3
OHC S-200E	Balance Compact CS200E	1
672 4460	Solution d'hydroxyde de potassium 1 N (1 mol / l), 1 l	1
672 9600	Sulfate de cuivre (II) pentahydraté, 100 g	1
672 6710	Tartrate de sodium et de potassium, 250 g	1
673 6800	Soude caustique, 100 g	1
675 3400	Eau, pure, 1 l	1

La galvanisation est un procédé permettant de recouvrir des objets d'une fine couche métallique par voie électrolytique. On peut ainsi cuivrer, chromer ou argenter des objets.

Dans l'expérience C4.4.6.1, un objet métallique (par ex. une clé ou un clou) est revêtu par galvanisation d'une fine couche de cuivre. L'objet est utilisé comme cathode et plongé dans une solution de sulfate de cuivre. Une lame en cuivre, également plongée dans la solution de sulfate de cuivre, sert d'anode. L'enclenchement d'une source de courant continu (3 V) démarre le processus.



C4.4.7 PILES À COMBUSTIBLE

C4.4.7.1
Étude sur un stack de piles
à combustible PEM

C4.4.7.2
Relevé de caractéristiques d'un
stack de piles à combustible PEM

Étude sur un stack de piles à combustible PEM (C4.4.7.1)

N° de cat.	Désignation	C4.4.7.1-2
666 4812	Stack de piles à combustible PEM, CPS	1
666 4795	HydroStik PRO, CPS	1
666 4796	HydroStik PRO	1*
666 4794	Compte-bulles, CPS	1
666 4831	Charges électriques, CPS	1
666 4798	HydroFill PRO	1
524 013	Sensor-CASSY 2	1
524 220	CASSY Lab 2	1
524 020USB	CASSY-Display USB	1*
501 44	Câbles d'expérimentation 19 A, 25 cm, rouge/bleu, paire	1
501 45	Câbles d'expérimentation 19 A, 50 cm, rouge/bleu, paire	1
666 425	Cadre profilé C 50 à 2 étages, CPS	1
667 198	Tuyau silicone, 2 mm Ø, 1 m	1
666 464	Plaque vierge 100 mm, CPS	2
	Complément nécessaire : PC avec Windows XP/Vista/7/8	1

* complément recommandé

Au cours d'une « combustion silencieuse », les piles à combustible produisent du courant avec un très bon rendement énergétique. Les combustibles sont des liaisons faciles à oxyder telles que l'hydrogène, l'hydrazine ou le méthanol. La réaction d'oxydation a lieu en présence d'un catalyseur, généralement du platine, par le biais duquel le courant généré est évacué. Comme les combustibles peuvent être alimentés en permanence, on obtient une production continue de courant, contrairement à ce qu'il en est avec des batteries.

Les piles à combustible sont considérées comme une technologie du futur car elles sont le moyen le plus efficace de transformer en courant l'énergie emmagasinée dans une liaison chimique. Malheureusement, la manipulation des piles à combustible et des combustibles généralement gazeux n'est pas toujours aisée.

Les piles à combustible PEM contiennent une membrane conductrice de protons qui sépare les deux demi-piles. Elles ne requièrent aucun autre électrolyte et se passent donc presque entièrement de liquide. En raison de la faible tension que fournit une seule pile à combustible, plusieurs piles sont regroupées en « stack ». L'expérience C4.4.7.1 étudie le fonctionnement d'un tel assemblage de piles à combustible et compare entre eux différents câblages.

Le relevé de courbes caractéristiques permet d'étudier la performance des piles à combustible. Dans l'expérience C4.4.7.2, on relève les caractéristiques de tension et de puissance du stack de piles à combustible PEM. Les piles individuelles sont branchées en série dans la partie a de l'expérience et en parallèle dans la partie b.



C4.6.2 OSMOSE

C4.6.2.1 Détermination de la pression osmotique d'une solution de sucre

Détermination de la pression osmotique d'une solution de sucre (C4.6.2.1)

N° de cat.	Désignation	C4.6.2.1
662 403	Appareil à osmose	1
667 501	Échelle graduée pour le grand appareil pour la démonstration de l'osmose	1
664 103	Bécher DURAN, 250 ml, forme basse	1
665 754	Éprouvette graduée 100 ml, pied en plastique	1
665 794	Fiole jaugée, Boro 3.3, 250 ml	2
667 7977	Balance compacte 200 g : 0,01 g	1
665 953	Compte-gouttes 150 x 7 mm, jeu de 10	1
665 954	Poires en caoutchouc, jeu de 10	1
674 6060	Saccharose D(+), 250 g	1

L'osmose est un phénomène de diffusion unilatéral qui se produit lorsque deux solutions de même type, mais de concentrations différentes, sont séparées par une membrane semi-perméable. Seules les molécules de solvant d'une solution peuvent diffuser vers l'autre solution. La substance dissoute, dont les molécules ou ions sont trop grands, est retenue. La quantité de molécules de solvant se déplaçant vers la zone à forte concentration est plus importante que dans l'autre sens ; les concentrations tendent ainsi à s'équilibrer l'une par rapport à l'autre.

L'expérience C4.6.2.1 met en évidence le principe de l'osmose au moyen d'un osmomètre. Ce processus joue un rôle crucial dans la régulation du volume et de l'eau des cellules. Les deux chambres renferment différentes concentrations d'une solution qui sont séparées par une membrane semi-perméable. Le solvant s'écoule par osmose dans la solution la plus concentrée. Le niveau de liquide de cette solution augmente dans le système ouvert. Le flux d'admission d'eau est d'autant plus grand que la concentration de la solution est élevée. Il est arrêté lorsque la pression hydrostatique de la colonne d'eau dans le tube capillaire est aussi élevée que la pression osmotique.

C5 CHIMIE TECHNIQUE

C5.1	PROCÉDÉS INDUSTRIELS	122-125
C5.1.1	FABRICATION DE PRODUITS CHIMIQUES DE BASE	122-123
C5.1.2	EXTRACTION DE MÉTAUX À PARTIR DE MINÉRAIS	124-125
C5.2	PRODUITS DE L'INDUSTRIE CHIMIQUE	126
C5.2.4	COLORANTS	126
C5.3	CHIMIE ET ENVIRONNEMENT	127-129
C5.3.1	ÉPURATION DES GAZ D'ÉCHAPPEMENT	127
C5.3.2	PROBLÈMES ENVIRONNEMENTAUX GLOBAUX	128-129
C5.4	PRODUITS DE MATIÈRES PREMIÈRES RENOUVELABLES	130
C5.4.1	CARBURANTS	130



C5.1.1

FABRICATION DE PRODUITS CHIMIQUES DE BASE

C5.1.1.1

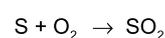
Fabrication d'acide sulfurique par
le procédé de contact

Fabrication d'acide sulfurique par le procédé de contact (C5.1.1.1)

N° de cat.	Désignation	C5.1.1.1
666 360	Catalyseur de gaz d'échappement	1
666 428	Cadre profilé C 100 à 2 étages, CPS	1
666 4660	Tableau magnétique, 300 mm	6
666 4662	Support magnétique, taille 2, 11...14 mm	6
666 4664	Support magnétique, taille 4, 27...29 mm	3
665 001	Entonnoir de collecte de gaz	1
664 442	Écuelle d'évaporation, Ø 80 mm	1
664 800	Flacon laveur, corps	3
664 805	Tête de flacon laveur en verre avec tige droite	3
665 392ET10	Pincen en plastique pour rodage, RN 29/32, jeu de 10	1
667 313	Raccord en verre, 1 x GL 18, 1 x olive	2
667 312	Raccord en verre, 2 x GL 18	2
665 9351	Flacon de Woulf avec manomètre	1
667 261	Bouchon en caoutchouc, 1 trou de 7 mm, 25 - 31 mm Ø	1
524 009A	Mobile-CASSY	1
524 0673	Connecteur adaptateur NiCr-Ni S, type K	1
529 676	Sonde de température NiCr-Ni, 1,5 mm, type K	1
300 76	Laborboy II (support élévateur)	2
300 02	Pied en V, petit	1
300 43	Tige 75 cm, 12 mm Ø	1
301 72	Pince de fixation universelle	1
666 714	Brûleur à cartouche, modèle DIN	2
375 56	Trompe à eau	1
667 186	Tuyau pour vide, 8 mm Ø	1
307 64	Tuyau souple en caoutchouc, 1 m x 6 mm Ø	1
665 226	Raccord PP droit, 6/8 mm Ø, avec olive	1
608 020	Support à quatre pieds	1

N° de cat.	Désignation	C5.1.1.1
666 686	Plaque calorifuge en vitrocéramique Ceran®	1
666 961	Microspatule double, acier inoxydable, 185 mm	1
665 754	Éprouvette graduée 100 ml, pied en plastique	1
661 243	Pissette en PE, 500 ml	1
602 023	Bécher Boro 3.3, 150 ml, forme basse	1
665 953	Compte-gouttes 150 x 7 mm, jeu de 10	1
665 954	Poires en caoutchouc, jeu de 10	1
OHS PU401	Balance électronique de précision SPU401	1
674 7510	Soufre, cristallin, 250 g	1
674 7860	Acide sulfurique, 95-98 %, 500 ml	1
672 0820	Solution de fuchsine, 50 ml	1
670 7200	Chlorure de baryum, 100 g	1
661 082	Graisse pour rodages, 60 g	1

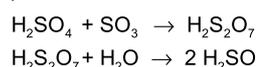
L'expérience C5.1.1.1 présente la fabrication de l'acide sulfurique par le procédé de contact. L'anhydride sulfureux issu de la combustion du soufre est converti en anhydride sulfurique par un catalyseur se trouvant dans le tube de réaction. Cet anhydride sulfurique est ensuite conduit dans de l'eau ou dans de l'acide sulfurique.



Du SO_2 est oxydé en présence d'un catalyseur pour former du SO_3 .

$$2 \text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_3$$

Le SO_3 se dissout facilement dans l'acide sulfurique concentré. Ce faisant, il se forme de l'acide disulfurique qui, par ajout d'eau, peut être transformé en acide sulfurique :





Synthèse de l'ammoniac selon la méthode de Haber-Bosch (C5.1.1.2)

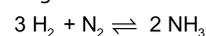
C5.1.1
FABRICATION DE PRODUITS
CHIMIQUES DE BASE

C5.1.1.2
Synthèse de l'ammoniac selon la
méthode de Haber-Bosch

N° de cat.	Désignation	C5.1.1.2
664 0772	Tube à réaction, quartz, 16 cm	1
666 428	Cadre profilé C 100 à 2 étages, CPS	1
666 4660	Tableau magnétique, 300 mm	2
666 4659	Tableau magnétique, 500 mm	2
667 286	Bouchon en silicone, 16 x 21 x 25 mm, 1 trou 7 mm Ø	2
666 4795	HydroStik PRO, CPS	1
666 4665	Support magnétique, taille 5, 30...32 mm	2
666 4661	Support magnétique, taille 1, 9...11 mm	2
666 9881	Nacelle de combustion en porcelaine, émaillée	1
667 194	Tuyau silicone, 7 mm Ø, 1 m	1
667 197	Tuyau silicone, 4 mm Ø, 1 m	1
667 198	Tuyau silicone, 2 mm Ø, 1 m	1
604 510	Raccord de tuyaux, PP, droit, 4/15 mm Ø	1
665 914	Seringue à gaz 100 ml avec robinet à 3 voies	2
666 714	Brûleur à cartouche, modèle DIN	1
666 731	Allume-gaz, mécanique	1
602 711	Robinet à trois voies en forme de T, Kapillarhahn	1
667 312	Raccord en verre, 2 x GL 18	1
300 76	Laborboy II (support élévateur)	1
666 4798	HydroFill PRO	1
660 980	Soupape de réglage de précision pour bouteille de gaz comprimé Minican	1
661 000	Bouteille de gaz comprimé Minican, azote	1
667 034	Pince brucelles, émoussée, 200 mm	1
604 5662	Spatule inox, 210mm	1
667 7933	Balance de poche JE500	1

N° de cat.	Désignation	C5.1.1.2
MA9 0201	Rouleau de papier indicateur universel du pH 1...11	1
602 002	Tube à essais DURAN, 16 x 160 mm, lot de 100	1
667 032	Pince en bois pour tubes à essais jusqu'à 40 mm Ø	1
608 350	Mortier, 50 ml	1
608 360	Pilon, 54 mm	1
664 154	Verre de montre, 80 mm	1
602 032	Bécher DURAN, 150 ml, forme haute	1
661 243	Pissette en PE, 500 ml	1
661 251	Bocal en verre à couvercle encliquetable, 20 ml	1
671 8300	Poudre de fer réduit, 50 g	1
670 2900	Oxyde d'aluminium, 250 g	1
671 3200	Poudre d'oxyde de calcium, 100 g	1
672 6800	Nitrate de potassium, 100 g	1

Le procédé Haber-Bosch est la méthode la plus importante pour réaliser de l'ammoniac. Développé par le chimiste Fritz Haber et l'ingénieur Carl Bosch, il a été utilisé à l'échelle industrielle dès 1913.



L'ammoniac est synthétisé à partir de l'azote et l'hydrogène moléculaires. Pour accélérer la vitesse de réaction, il faut un catalyseur.

Dans l'expérience C5.1.1.2, le catalyseur de Mittasch (poudre de fer, oxyde d'aluminium et nitrate de potassium) est utilisé pour produire de faibles quantités d'ammoniac même à pression normale. L'ammoniac peut être détecté par la réaction basique sur du papier indicateur.



C5.1.2

EXTRACTION DE MÉTAUX À PARTIR DE MINÉRAIS

C5.1.2.1

Extraction du fer par le processus
de haut-fourneau

Extraction du fer par le processus de haut-fourneau (C5.1.2.1)

N° de cat.	Désignation	C5.1.2.1
661 541	Modèle de haut-fourneau	1
664 752	Petit compresseur électrique	1
521 55	Alimentation à courant fort	1
300 02	Pied en V, petit	1
301 26	Tige 25 cm, 10 mm Ø	1
301 09	Noix double S	1
301 72	Pince de fixation universelle	1
667 104	Plaque calorifuge en fibres céramiques, 500 mm x 500 mm	1
665 223ET10	Raccord PP en T, 8 mm Ø, lot de 10	1
667 180	Tuyau caoutchouc, 1 m x 7 mm Ø	1
656 016	Bec Bunsen, multigaz	1
667 035	Pince pour creuset, 200 mm	1
667 176	Pince de Hofmann, 30 mm	1
510 15	Aimant perforé	1
667 7931	Balance de poche JE120	1
661 083ET20	Bâtonnet en bois, lot de 200	1
671 8810	Minerai de fer (hématite), 250 g	1
670 2020	Charbon actif, granulés, 500 g	1
672 2490	Charbon de bois, petits morceaux, 500 g	1
665 213	Baguette en verre 300 mm x 8 mm Ø	1*

* complément recommandé

Le métal est sans doute le matériau le plus universel pour fabriquer des outils, des armes et des bijoux. Comme nulle autre matière sans doute, il a marqué l'évolution de l'humanité d'une empreinte profonde.

Sur Terre, le fer ne se trouve pas dans sa forme élémentaire, mais sous forme d'oxydes et de sulfures dans les minerais de fer. Ce sont les substances de base qu'on utilise pour gagner du fer brut dans les hauts-fourneaux.

Le haut-fourneau fonctionne à 1 900 °C pour extraire le fer du minerai. Pour atteindre cette température, on utilise du coke (et non du charbon) comme combustible et le feu à l'intérieur du fourneau est alimenté avec de l'air brûlant entre 1 200 °C et 1 300 °C. Comme autre composant, on utilise le calcaire, qui lie les impuretés. Le haut-fourneau est alimenté par le haut, de sorte qu'il se forme alternativement des couches de coke et de minerai de fer. La température la plus élevée règne dans la partie inférieure du fourneau. Le fer liquide, sur lequel flotte la scorie, est recueilli au fond.

On procède toutes les deux à trois heures à une « coulée » du four. On laisse d'abord s'écouler la scorie, puis du fer brut incandescent jaune à environ 1 450 °C. Les gaz d'échappement toxiques (gaz de gueulard) remontent, sont épurés et réchauffent l'air amené pour les fours.

Dans l'expérience C5.1.2.1, on recourt au modèle de haut-fourneau pour démontrer la réduction du minerai de fer, telle qu'est réalisée à l'échelle industrielle. Selon le minerai utilisé et les conditions de réaction (température, amenée d'air, additifs), on obtient, comme produit de réaction, un mélange hétérogène de scorie, minerai de fer réduit (Fe_3O_4) et fer métallique.



Le procédé de soudage aluminothermique (C5.1.2.2)

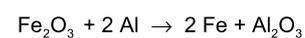
C5.1.2
EXTRACTION DE MÉTAUX
À PARTIR DE MINÉRAIS

C5.1.2.2
Le procédé de soudage
aluminothermique

N° de cat.	Désignation	C5.1.2.2
661 540	Expérience du soudage par aluminothermie (thermite)	1
666 714	Brûleur à cartouche, modèle DIN	1
666 731	Allume-gaz, mécanique	1
667 035	Pince pour creuset, 200 mm	1
604 222	Pelle doseuse, PP, 50 ml	1
510 15	Aimant perforé	1
667 104	Plaque calorifuge en fibres céramiques, 500 mm x 500 mm	1*
667 614	Gants de protection antichaleur, paire	1*

* complément recommandé

L'expérience C5.1.2.2 met en évidence le principe du soudage par aluminothermie. En technique, on recourt à ce procédé pour souder entre eux les rails de chemins de fer. Dans l'appareil, on verse un mélange pulvérulent à base d'aluminium et d'oxyde de fer (II, III) qu'on enflamme ensuite. Dans une réaction très exotherme, il se forme du fer liquide et de l'oxyde d'aluminium. Le fer présente une densité plus élevée que l'oxyde d'aluminium et descend donc dans la masse fondue.



Comme l'aluminium libère d'énormes quantités d'énergie au contact de l'oxygène, il suffit d'amorcer la réaction. L'énergie libérée déclenche les autres processus et assure en outre la liquéfaction du fer ainsi formé.



C5.2.4
COLORANTS

C5.2.4.1
Fabrication et utilisation
de l'indigo

Fabrication et utilisation de l'indigo (C5.2.4.1)

N° de cat.	Désignation	C5.2.4.1
664 246	FiOLE Erlenmeyer DURAN, 100 ml, col large	1
665 161	Entonnoir de Büchner en porcelaine, 45 mm Ø	1
661 030	Filtres ronds, type 595, 40 mm Ø, lot de 100	1
665 060	Joints coniques en caoutchouc, jeu de 7	1
664 865	FiOLE à filtrer 250 ml	1
382 21	Thermomètre agitateur, -30...+110 °C/1 K	1
666 967	Spatule cuillère, acier inox, 150 mm	1
665 751	Éprouvette graduée 10 ml, pied en plastique	1
665 754	Éprouvette graduée 100 ml, pied en plastique	1
665 996	Pipette graduée, 5 ml	3
666 003	Poire à pipeter	1
665 953	Compte-gouttes 150 x 7 mm, jeu de 10	1
665 954	Poires en caoutchouc, jeu de 10	1
664 103	Bécher DURAN, 250 ml, forme basse	1
664 101	Bécher DURAN, 100 ml, forme basse	2
664 154	Verre de montre, 80 mm	1
667 7977	Balance compacte 200 g : 0,01 g	1
375 56	Trompe à eau	1
667 186	Tuyau pour vide, 8 mm Ø	1
666 839	Agitateur magnétique chauffant	1
673 9390	2-nitrobenzaldéhyde, 5 g	1
670 0410	Acétone, 1 l	1
673 8420	Solution de soude caustique, 1 mol/l, 500 ml	1
671 9711	Ethanol, absolu, 500 ml	1
671 6700	Diéthyléther, 250 ml	1

N° de cat.	Désignation	C5.2.4.1
673 6310	Dithionite de sodium, 250 g	1
673 6810	Hydroxyde de sodium, pastilles, 250 g	1
	Complément nécessaire : tissu de coton blanc	1

Les colorants synthétiques sont connus depuis le milieu du XIX^{ème} siècle. De nombreuses grandes entreprises chimiques ont débuté par la production de colorants. Les premiers colorants ont été dérivés du goudron. De nos jours, la plupart des colorants sont à base de pétrole.

Les composés chimiques sont colorés lorsqu'ils absorbent des longueurs d'onde dans la gamme visible du spectre. Le composé se présente alors dans la couleur complémentaire de la longueur d'onde absorbée.

Outre la couleur, la capacité des colorants à colorer des substances durablement (plus ou moins bonne résistance au lavage) est une propriété essentielle. Pour ce faire, soit ils sont liés aux matériaux supports, soit ils pénètrent dans ces derniers, ceci pouvant également être influencé grâce à la chimie.

L'expérience C5.2.4.1 permet de synthétiser l'indigo, le colorant des jeans. Il s'agit de l'une des premières synthèses industrielles du colorant, développée par Adolf von Baeyer en 1870. Comme produit de départ, on utilise du nitrobenzaldéhyde qui, dans des conditions basiques, se condense avec de l'acétone. La forme réduite, qualifiée de leuco-dérivée, et soluble du colorant est emprisonnée de manière indissoluble dans le tissu par oxydation à l'air.



C5.3.1 ÉPURATION DES GAZ D'ÉCHAPPEMENT

C5.3.1.1
Analyse des gaz d'échappement

C5.3.1.2
Épuration catalytique des gaz
d'échappement

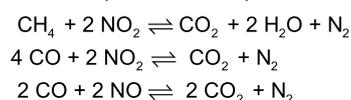
Épuration catalytique des gaz d'échappement (C5.3.1.2)

N° de cat.	Désignation	C5.3.1.1	C5.3.1.2
665 914	Seringue à gaz 100 ml avec robinet à 3 voies	3	2
667 312	Raccord en verre, 2 x GL 18	3	3
667 305	Capuchon à vis GL 18 avec trou	3	
667 296	Joint en silicone GL 18/10, lot de 10	3	
666 313	Tube indicateur de NO _x , 0,5...50 ppm, lot de 10	1	1
666 319	Tube indicateur de CO, 0,5...7,0 %, lot de 10	1	1
666 314	Tube indicateur de SO ₂ , 1...25 ppm, lot de 10	1	1
667 015	Lime à verre, triangulaire	1	1
313 07	Chronomètre mécanique manuel I	1	1
662 302	Sachets d'air de rechange	1	1
666 360	Catalyseur de gaz d'échappement		1
524 009A	Mobile-CASSY		1
524 0673	Connecteur adaptateur NiCr-Ni S, type K		1
529 676	Sonde de température NiCr-Ni, 1,5 mm, type K		1
666 425	Cadre profilé C 50 à 2 étages, CPS		1
666 4659	Tableau magnétique, 500 mm		2
666 4661	Support magnétique, taille 1, 9...11 mm		2
666 4662	Support magnétique, taille 2, 11...14 mm		1
666 4665	Support magnétique, taille 5, 30...32 mm		2
656 016	Bec Bunsen, multigaz		1
607 020	Tuyau à gaz de sécurité avec manchon terminal, 0,5 m		1
300 76	Laborboy II (support élévateur)		1
665 009	Entonnoir PP, 75 mm Ø		1
	Complément nécessaire : échantillon de gaz d'échappement, par ex. gaz d'échappement de voiture ou fumée de cigarette	1	

N° de cat.	Désignation	C5.3.1.1	C5.3.1.2
	Complément nécessaire : gaz d'échappement de voiture ou mélange confectionné soi-même de dioxyde d'azote et de méthane ou mono- xyde de carbone		2

Dans des conditions idéales, seuls de l'eau et du dioxyde de carbone résulteraient de la combustion des hydrocarbures. S'il s'agit d'un mélange de différents combustibles comme l'essence, par exemple, il peut également se former des oxydes d'azote ou de soufre. Dans l'expérience C5.3.1.1, on utilise des tubes indicateurs pour étudier différents gaz d'échappement et leur teneur en de tels sous-produits de combustion.

Le catalyseur dit « catalyseur trois voies » élimine en même temps les trois principaux polluants des gaz d'échappement d'une automobile : hydrocarbures imbrûlés, monoxyde de carbone et oxydes d'azote. Il est constitué d'un substrat céramique revêtu de métaux précieux comme le platine et le palladium. Les réactions suivantes, entre autres, ont lieu :



Dans l'expérience V5.3.1.2, on procède à l'épuration des gaz d'échappement avec un catalyseur trois voies. Pour ce faire, il est possible d'étudier les gaz d'échappement d'un véhicule automobile ou encore d'utiliser un mélange de gaz d'échappement confectionné soi-même.



C5.3.2

PROBLÈMES ENVIRONNEMENTAUX GLOBAUX

C5.3.2.1

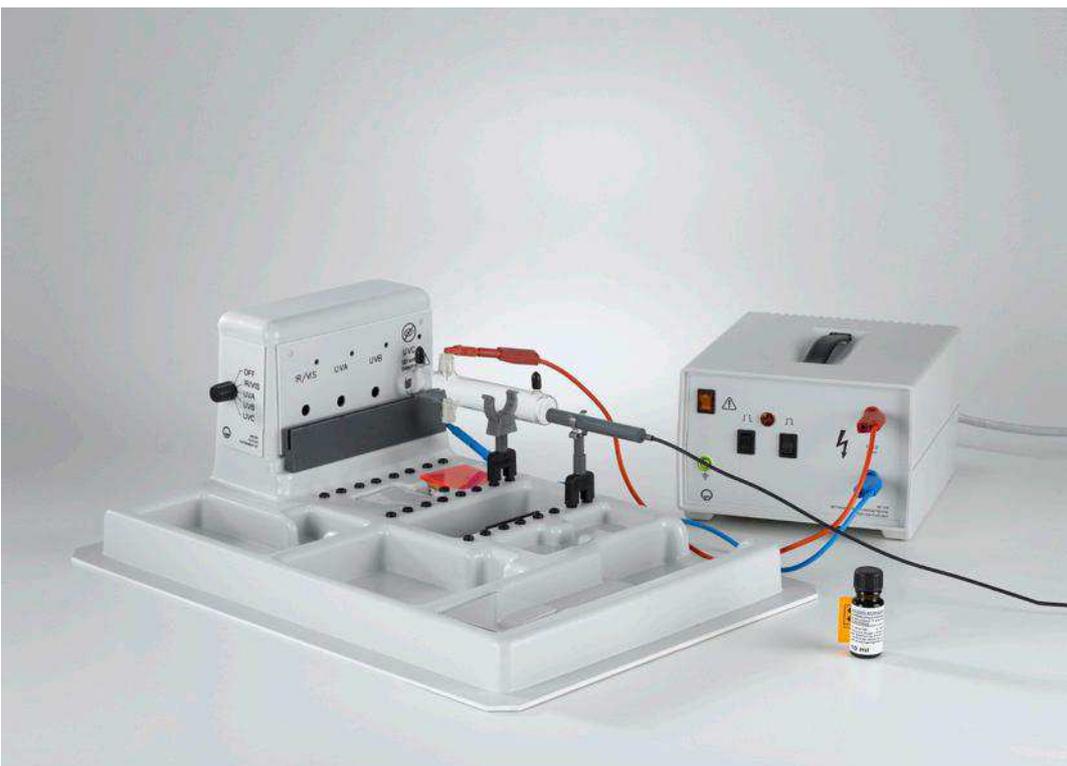
Effet de serre

Effet de serre (C5.3.2.1)

N° de cat.	Désignation	C5.3.2.1
666 2652	Kit d'expérimentation IR gaz	1
524 018	Pocket-CASSY 2 Bluetooth	1
524 220	CASSY Lab 2	1
524 040	Adaptateur μ V	1
521 536	Alimentation CC 2 x 0...16 V/2 x 0...5 A	1
501 45	Câbles d'expérimentation 19 A, 50 cm, rouge/bleu, paire	2
501 861	Pinces crocodile nues, jeu de 6	1
557 36	Pile thermoélectrique de Moll	1
375 58	Pompe manuelle pour vide	1
604 500	Tuyau en PVC, 6 mm \varnothing , 1 m	1
604 431	Tuyau silicone, 5 mm \varnothing , 1 m	1
667 197	Tuyau silicone, 4 mm \varnothing , 1 m	1
604 520	Raccord réducteur avec embout olivaire	1
661 0010	Bouteille de gaz comprimé Minican, argon	1
660 988	Bouteille de gaz comprimé Minican, éthane	1
661 0011	Bouteille de gaz comprimé Minican, i-butane	1
660 999	Bouteille de gaz comprimé Minican, dioxyde de carbone	1
660 998	Bouteille de gaz comprimé Minican, oxygène	1
660 980	Soupape de réglage de précision pour bouteille de gaz comprimé Minican	1
	Complément nécessaire : PC avec Windows XP/Vista/7/8	1

De nombreux facteurs en interaction complexe déterminent le climat de la Terre. Parmi ces facteurs, nombreux sont ceux qui s'influencent et s'amplifient mutuellement. Ainsi, le climat subit des variations permanentes à toutes les échelles de temps, qu'il s'agisse d'une décennie ou de millions d'années. Actuellement, l'homme intervient massivement dans ce système autorégulé avec des conséquences menaçantes.

Dans l'expérience C5.3.2.1, on utilise le kit d'expérimentation IR-CO₂ pour montrer l'absorption du rayonnement infrarouge (IR) par le CO₂ dans la gamme de longueur d'ondes 4100 ... 4300 nm. L'atmosphère terrestre est traversée par le rayonnement solaire à ondes courtes sans rencontrer d'obstacle grâce à des gaz présents à l'état de trace (vapeur d'eau, dioxyde de carbone, ozone, oxyde de diazote et méthane). Le rayonnement thermique à ondes longues est absorbé. Tout comme le verre d'une serre, les gaz à effet de serre ralentissent l'émission d'énergie de la Terre et « piège » la chaleur. Seule une petite partie du rayonnement thermique est émise directement dans l'espace, la majeure partie en revanche est renvoyée à la surface de la Terre. C'est ce qu'on appelle l'effet de serre naturel. Or cette part de gaz à effet de serre est modifiée par les activités humaines, ce qui accélère du même coup le réchauffement de la planète. On parle alors d'effet de serre anthropogène, c'est-à-dire causé par l'homme.



C5.3.2

PROBLÈMES ENVIRONNEMENTAUX GLOBAUX

C5.3.2.2

Problématique du « trou d'ozone »

Problématique du « trou d'ozone » (C5.3.2.2)

N° de cat.	Désignation	C5.3.2.2
666 265	Kit d'expérimentation UV, IR, VIS	1
524 018	Pocket-CASSY 2 Bluetooth	1
524 220	CASSY Lab 2	1
524 019	Accu pour Pocket-CASSY 2 Bluetooth	1*
524 0031	Dongle Bluetooth	1*
524 0511	Connecteur adaptateur lux S	1
666 246	Capteur UV-C	1
667 818	Alimentation pour éclateur	1
500 621	Câble d'expérimentation de sécurité, 50 cm, rouge	1
500 622	Câble d'expérimentation de sécurité, 50 cm, bleu	1
667 489	Pincres crocodile, lot de 2	1
667 241	Poire en caoutchouc, simple	1
665 957	Seringue de dosage 1 ml	1
603 030	Canule, 0,6 mm Ø, lot de 10	1
671 6600	Dichlorométhane (chlorure de méthylène), 250 ml	1
	Complément nécessaire : PC avec Windows XP/Vista/7/8	1

* complément recommandé

Dans l'expérience C5.3.2.2 réalisée avec le kit d'expérimentation UV, IR, VIS, on étudie l'absorption du rayonnement UV C par l'ozone ainsi que la formation et la décomposition de l'ozone. La couche d'ozone dans la stratosphère (15 ... 50 km d'altitude) est d'une importance existentielle pour la vie sur Terre. Sans son effet protecteur, le rayonnement UV à ondes très courtes empêcherait toute vie hors de l'eau. La couche d'ozone filtre le rayonnement de 220 à 310 nm. Ainsi, le rayonnement UV C (220 ... 280 nm) est entièrement absorbé et le rayonnement UV B (280 ... 320 nm) absorbé en grande partie.

C'est pourquoi une réduction de la concentration d'ozone (« trou d'ozone ») entraîne une intensité accrue du rayonnement UV B à grande action biologique. Les plantes risquent d'en être affectées ce qui a un impact négatif sur les récoltes. Le phytoplancton (des espèces d'algues dans la couche de surface de l'océan) est lui aussi détérioré, or il joue un rôle important dans la chaîne alimentaire océanique. Comme il absorbe en outre des quantités considérables de dioxyde de carbone, il constitue un maillon essentiel du cycle du carbone et est étroitement lié à l'effet de serre. L'ozone se forme dans la stratosphère par la photolyse de l'oxygène sous l'effet des rayons UV.



C5.4.1 CARBURANTS

C5.4.1.1
Obtention de carburant à partir
de l'huile de colza

C5.4.1.2
Analyse du carburant extrait
de l'huile de colza

Obtention de carburant à partir de l'huile de colza (C5.4.1.1)

N° de cat.	Désignation	C5.4.1.1	C5.4.1.2
666 8471	Agitateur magnétique à plaque chauffante	1	
666 851	Barreau aimanté, 25 mm x 6 mm Ø	1	
666 850	Barreau aimanté, 15 mm x 5 mm Ø	1	
602 004	Tube à essais DURAN, 20 x 180 mm, lot de 100	1	
667 053	Porte-tubes à essais en bois, pour 10 tubes, 22 mm Ø	1	
664 103	Bécher DURAN, 250 ml, forme basse	1	
602 022	Bécher Boro 3.3, 100 ml, forme basse	1	
300 02	Pied en V, petit	1	
608 050	Tube, 300 mm, 10 mm Ø	1	
301 09	Noix double S	2	1
666 555	Pince de serrage universelle 0...80 mm	2	1
382 21	Thermomètre agitateur, -30...+110 °C/1 K	1	
665 953	Compte-gouttes 150 x 7 mm, jeu de 10	1	
665 954	Poires en caoutchouc, jeu de 10	1	
665 995	Pipette graduée, 2 ml	1	
665 996	Pipette graduée, 5 ml	1	
666 003	Poire à pipeter	1	3
667 257	Bouchon en caoutchouc plein, 19 ... 24 mm Ø	1	
667 258	Bouchon en caoutchouc, 1 trou de 7 mm, 19 ... 24 mm Ø	1	
665 204	Tube en verre, 300 mm	1	
673 2700	Méthanol, 250 ml	1	
673 6800	Soude caustique, 100 g	1	
524 009A	Mobile-CASSY		1
524 044	Capteur de température S, CTN		1
524 0673	Connecteur adaptateur NiCr-Ni S, type K		1
607 5025	Agitateur magnétique avec plaque chauffante, carré		1

N° de cat.	Désignation	C5.4.1.1	C5.4.1.2
300 41	Tige 25 cm, 12 mm Ø		1
608 310	Capsule à évaporation, porcelaine, 24 ml, profonde		3
672 2520	Bâtons de bois, 100 pièces		1
665 994	Pipette graduée, 1 ml		1
LDS 00001	Chronomètre numérique manuel		1
672 1740	Fioul, 250 ml		1

Du fait de la forte augmentation des besoins en énergie au début de l'ère industrielle ainsi que de la croissance permanente de la population mondiale, la consommation mondiale de combustibles fossiles, comme le pétrole, le gaz naturel et le charbon, a été multipliée par vingt au cours des cent dernières années. En plus d'une gestion parcimonieuse de l'énergie, la pénurie de combustibles fossiles exige la recherche d'énergies renouvelables équivalentes, y compris de carburants écologiques.

Dans l'expérience C5.4.1.1, on fabrique du biodiesel à partir d'huile de colza et en présence de méthanolate de sodium. Cette réaction consiste dans un premier temps à séparer la glycérine et les acides gras de l'huile de colza. Dans un deuxième temps, l'huile est estérifiée avec du méthanol (transestérification). Les esters de méthyle de colza ainsi obtenus représentent le biodiesel à proprement parler.

L'expérience C5.4.1.2 permet de déterminer la viscosité du carburant obtenu à partir de l'huile de colza. Pour cela, l'enceinte thermostatique du viscosimètre est reliée à un thermostat à circulation et la viscosité est mesurée en fonction de la température.

C6 BIOCHIMIE

C6.1	LES BRIQUES DU VIVANT	132-134
C6.1.1	HYDRATES DE CARBONE	132
C6.1.2	ACIDES AMINÉS ET PROTÉINES	133
C6.1.4	GRAISSES ET HUILES	134
C6.2	BIOTECHNOLOGIE	135
C6.2.1	PROCESSUS BIOTECHNOLOGIQUES	135
C6.2.2	PRODUITS BIOTECHNOLOGIQUES	136



C6.1.1
HYDRATES DE CARBONE

C6.1.1.1
Détection du sucre réducteur -
Réaction de Fehling

Détection du sucre réducteur - Réaction de Fehling (C6.1.1.1)

N° de cat.	Désignation	C6.1.1.1
666 8471	Agitateur magnétique à plaque chauffante	1
382 33	Thermomètre, -10...+150 °C/1 K	1
665 793	Fiole jaugée, Boro 3.3, 100 ml	2
665 212ET10	Baguette d'agitation en verre 200 mm x 8 mm Ø, lot de 10	1
664 137	Bécher Boro 3.3, 100 ml, forme haute	1
664 132	Bécher Boro 3.3, 600 ml, forme basse	1
665 754	Éprouvette graduée 100 ml, pied en plastique	1
667 7977	Balance compacte 200 g : 0,01 g	1
665 997	Pipette graduée, 10 ml	1
666 003	Poire à pipeter	1
664 045	Tube à essais Fiolax, 200 x 30 mm, lot de 10	1
667 054	Porte-tubes à essais en bois, pour 10 tubes, 32 mm Ø	1
664 155	Verre de montre, 100 mm	1
666 961	Microspatule double, acier inoxydable, 185 mm	1
661 243	Pissette en PE, 500 ml	1
672 1100	D(+)-Glucose, 100 g	1
672 0700	D(-)-Fructose, 50 g	1
674 6050	Saccharose D(+), 100 g	1
672 6710	Tartrate de sodium et de potassium, 250 g	1
673 6800	Soude caustique, 100 g	1
672 9600	Sulfate de cuivre (II) pentahydraté, 100 g	1
674 6750	Acide chlorhydrique concentré, 25 %, 250 ml	1
670 9160	Pierre ponce, 250 g	1

Les hydrates de carbone sont le nom générique donné à un groupe très répandu de substances naturelles, dont font partie par exemple tous les types de sucres, fibres et féculents. Ils possèdent la formule globale $C_n(H_2O)_m$ (n et m étant soit identiques, soit légèrement différents), raison pour laquelle ils ont été considérés par erreur dans le passé comme les « hydrates du carbone ». En réalité, les hydrates de carbone sont des polyalcools chimiques dont un groupe hydroxyle primaire ou secondaire a oxydé en groupe aldéhyde ou cétone (groupe carbonyle).

La réaction de Fehling a été développée en 1848 par Herrmann Fehling. Il s'agit d'une réaction permettant de détecter des groupes réducteurs, comme par exemple les fonctions d'aldéhydes. Elle permet de distinguer les sucres réducteurs des sucres non réducteurs. À l'origine, on s'en servait pour déterminer par titrage la teneur en sucre dans le sang des diabétiques.

Dans l'expérience C6.1.1.1, on analyse le glucose, le fructose et le saccharose avec le réactif de Fehling (aussi appelé liqueur de Fehling).



C6.1.2 ACIDES AMINÉS ET PROTÉINES

C6.1.2.1
Enzymatique : décomposition de l'urée par l'uréase

C6.1.2.2
Cinétique de Michaelis-Menten sur l'enzyme uréase

Enzymatique : décomposition de l'urée par l'uréase (C6.1.2.1)

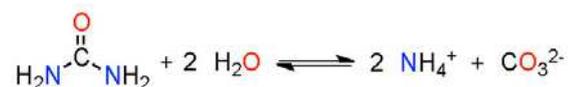
N° de cat.	Désignation	C6.1.2.1	C6.1.2.2
524 018	Pocket-CASSY 2 Bluetooth	1	1
524 019	Accu pour Pocket-CASSY 2 Bluetooth	1*	1*
524 0031	Dongle Bluetooth	1*	1*
524 220	CASSY Lab 2	1	1
524 0671	Connecteur adaptateur conductivité S	1	1
529 670	Capteur de conductivité	1	1
607 105	Mini-agitateur magnétique	1	1
300 11	Socle	1	1
301 26	Tige 25 cm, 10 mm Ø	1	1
301 09	Noix double S	1	
666 555	Pince de serrage universelle 0...80 mm	1	1
602 010	Bécher Boro 3.3, 150 ml, forme haute	2	6
665 997	Pipette graduée, 10 ml	1	1
666 003	Poire à pipeter	1	1
665 793	Fiole jaugée, Boro 3.3, 100 ml	1	1
664 153	Verre de montre, 60 mm Ø	2	2
602 680	Entonnoir à poudre Boro 3.3, 50 mm Ø	2	2
664 043	Tube à essais Fiolax, 16 x 160 mm, lot de 10	1	1
667 253	Bouchon en caoutchouc plein, 14 - 18 mm Ø	2	6
667 050	Porte-tubes à essais en plastique, pour 9 tubes, 18 mm Ø	1	1
666 961	Microspatule double, acier inoxydable, 185 mm	1	1
667 7977	Balance compacte 200 g : 0,01 g	1	1
670 3900	Carbonate d'ammonium, 100 g	1	
672 1700	Urée, 100g	1	1
675 2810	Uréase (1 U/mg), 5 g	1	1
672 9600	Sulfate de cuivre (II) pentahydraté, 100 g	1	

N° de cat.	Désignation	C6.1.2.1	C6.1.2.2
675 3400	Eau, pure, 1 l	1	1
666 543	Noix de serrage perpendiculaire, 0...16 mm		1

* complément recommandé

Les protéines sont des composants essentiels des cellules. On distingue les protéines fibreuses (d'échafaudage), qui veillent à la stabilité, des protéines globulaires, qui sont solubles. Les enzymes, qui catalysent des réactions, constituent un sous-groupe des protéines globulaires. Ils jouent un rôle important notamment pour la digestion de la nourriture.

Dans l'expérience C6.1.2.1, il s'agit d'étudier l'enzyme uréase de plus près. L'uréase décompose l'urée en ions ammonium et carbonate. Comme une solution d'urée ne conduit pas le courant, contrairement à une solution contenant de l'ammonium et du carbonate, la réaction peut être suivie par le biais de mesures de conductivité. On détermine la vitesse de réaction maximale et l'ordre de réaction, puis on teste l'effet d'un inhibiteur.



Dans l'expérience C6.1.2.2, on suit la cinétique de l'uréase. Pour cela, on mesure la vitesse de réaction de l'uréase avec différentes concentrations du substrat d'origine. Selon Michaelis-Menten, on peut alors calculer la vitesse maximale v_{max} et la constante de Michaelis K_m .



C6.1.4 GRAISSES ET HUILES

C6.1.4.1
Détermination de la valeur
énergétique de l'huile d'olive avec
un calorimètre de démonstration

Détermination de la valeur énergétique de l'huile d'olive avec un calorimètre de démonstration (C6.1.4.1)

N° de cat.	Désignation	C6.1.4.1
524 013	Sensor-CASSY 2	1
524 220	CASSY Lab 2	1
529 676	Sonde de température NiCr-Ni, 1,5 mm, type K	1
524 0673	Connecteur adaptateur NiCr-Ni S, type K	1
667 325	Calorimètre pour solides et liquides	1
666 603	Rail de base 95 cm	1
666 615	Noix universelle	4
301 27	Tige 50 cm, 10 mm Ø	4
666 555	Pince de serrage universelle 0...80 mm	5
301 72	Pince de fixation universelle	2
301 09	Noix double S	8
664 800	Flacon laveur, corps	4
664 805	Tête de flacon laveur en verre avec tige droite	4
665 392ET10	Pincettes en plastique pour rodage, RN 29/32, jeu de 10	1
521 546	Alimentation CC 0...16 V/0...5 A	1
521 231	Transformateur variable TBT 3/6/9/12 V	1
501 45	Câbles d'expérimentation 19 A, 50 cm, rouge/bleu, paire	3
667 183	Tuyau caoutchouc, 1 m x 8 mm Ø	1
667 197	Tuyau silicone, 4 mm Ø, 1 m	1
604 510	Raccord de tuyaux, PP, droit, 4/15 mm Ø	1
609 072	Filtre rond, sorte 589, 90 mm Ø, lot de 100	1
ADA HCB3001	Balance compacte, 3000 g : 0,1 g	1
667 7977	Balance compacte 200 g : 0,01 g	1
660 998	Bouteille de gaz comprimé Minican, oxygène	1
660 980	Soupape de réglage de précision pour bouteille de gaz comprimé Minican	1

N° de cat.	Désignation	C6.1.4.1
673 8420	Solution de soude caustique, 1 mol/l, 500 ml	1
674 7850	Acide sulfurique, 95-98 %, 250 ml	1
661 082	Graisse pour rodages, 60 g	1
	Complément nécessaire : PC avec Windows XP/Vista/7/8	1

L'expérience C6.1.4.1 permet de déterminer la valeur énergétique de l'huile d'olive. On brûle pour cela de l'huile d'olive dans une atmosphère O_2 et on mesure l'augmentation de température dans le calorimètre. L'allumage s'effectue avec un filament. Pour calculer l'énergie libérée, soit on utilise une capacité thermique (déterminée au préalable) du calorimètre rempli, soit on se sert des différentes valeurs théoriques pour les capacités thermiques de l'enceinte en verre et du liquide calorimétrique. La quantité de chaleur Q est calculée avec la formule suivante :

$$Q = \Delta T \times (m_k \times C_k + m(H_2O) \times C(H_2O))$$

ΔT est la différence de température, m_k et $m(H_2O)$ la masse du calorimètre et de l'eau et C_k et $C(H_2O)$ représente les capacités thermiques de l'appareillage en verre et de l'eau. Pour calculer l'enthalpie de combustion ΔH , il faut déduire l'énergie d'allumage ayant également contribué à chauffer l'appareillage. La quantité de chaleur se réfère alors à une mole de substance.



C6.2.1
PROCESSUS
BIOTECHNOLOGIQUES

C6.2.1.1
Fermentation de levure - Mise en évidence de l'appauvrissement en oxygène

Fermentation de levure - Mise en évidence de l'appauvrissement en oxygène (C6.2.1.1)

N° de cat.	Désignation	C6.2.1.1
524 018	Pocket-CASSY 2 Bluetooth	1
524 220	CASSY Lab 2	1
524 019	Accu pour Pocket-CASSY 2 Bluetooth	1*
524 0031	Dongle Bluetooth	1*
524 0521	Connecteur adaptateur oxygène S	1
667 458	Électrode à oxygène	1
386 40	Vase de Dewar, démonstration	1
607 105	Mini-agitateur magnétique	1
666 851	Barreau aimanté, 25 mm x 6 mm Ø	1
300 11	Socle	2
300 41	Tige 25 cm, 12 mm Ø	2
666 555	Pince de serrage universelle 0...80 mm	2
301 09	Noix double S	2
660 998	Bouteille de gaz comprimé Minican, oxygène	1
660 980	Soupape de réglage de précision pour bouteille de gaz comprimé Minican	1
604 481	Tuyau en caoutchouc 1 m x 4 mm Ø, DIN 12865	1
604 510	Raccord de tuyaux, PP, droit, 4/15 mm Ø	1
307 64	Tuyau souple en caoutchouc, 1 m x 6 mm Ø	1
665 953	Compte-gouttes 150 x 7 mm, jeu de 10	1
667 7977	Balance compacte 200 g : 0,01 g	1
604 5661	Spatule double, acier, 185 mm	2
665 752	Éprouvette graduée 25 ml, pied en plastique	1
665 754	Éprouvette graduée 100 ml, pied en plastique	1
602 355	Flacon en verre borosilicaté 3.3 plastifié	1

N° de cat.	Désignation	C6.2.1.1
602 725	Coupelle de laboratoire Boro 3.3, 140 x 75 mm Ø, 900 ml	1
664 103	Bécher DURAN, 250 ml, forme basse	1
661 242	Pissette, 250 ml	1
672 1100	D(+)-Glucose, 100 g	1
	Complément nécessaire : PC avec Windows XP/Vista/7/8	1

* complément recommandé

En biotechnologie, les produits sont fabriqués à l'aide de micro-organismes dans de grandes installations appelées des bioréacteurs. Les bioréacteurs peuvent être utilisés en fonctionnement discontinu (ou batch) ou continu. Pour une culture réussie, il est en tous les cas nécessaire de bien comprendre les conditions de croissance des micro-organismes.

Dans l'expérience C6.2.1.1, la respiration dans une fermentation de levure est démontrée par la mesure de la consommation d'oxygène. Pour cela, une suspension de levure est saturée en oxygène. Ensuite, on désactive l'alimentation d'oxygène pour suivre la saturation d'oxygène.



C6.2.2
PRODUITS
BIOTECHNOLOGIQUES

C6.2.2.3
Fabrication de yaourt

Fabrication de yaourt (C6.2.2.3)

N° de cat.	Désignation	C6.2.2.3
665 563ET5	Petites chambres de séparation 250 ml, jeu de 5	1
382 33	Thermomètre, -10...+150 °C/1 K	1
666 767	Plaque chauffante, 1500 W	1
607 0721	Réceptacle pour bains	1
666 8061	Etuve universelle E 28	1
666 966	Spatule cuillère, PP, 180 mm	1
665 753	Éprouvette graduée 50 ml, pied en plastique	1
MA9 0201	Rouleau de papier indicateur universel du pH 1...11	1
	Complément nécessaire : 1 litre de lait UHT et un pot de yaourt nature	1

Depuis des millénaires déjà, l'homme se sert de la biotechnologie pour fabriquer des aliments, des textiles et d'autres objets d'usage courant. Toute une série de produits quotidiens – entre autres le pain au levain, le yaourt, le fromage, le vin, la bière et le vinaigre – sont fabriqués à l'aide de micro-organismes cultivés.

La biotechnologie est une technologie qui utilise des organismes vivants, entiers ou partiels, pour fabriquer ou modifier des produits. Dans l'expérience C6.2.2.3, on produit un yaourt à partir du lait. En ajoutant au lait un peu de yaourt ou des cultures isolées de *Lactobacillus bulgaricus* (bactéries lactiques) et éventuellement de *Streptococcus thermophilus*, on transforme le lait en yaourt. Le yaourt est le produit final d'un métabolisme bactérien anaérobie. Les bactéries lactiques font fermenter le lactose contenu dans le lait. Dans un premier temps, le lactose est clivé en glucose et galactose par l'enzyme lactase. Ensuite, ces produits de clivage sont transformés en acide lactique par glycolyse et fermentation de l'acide lactique.

PHYSIQUE

CHIMIE
BIOLOGIE

TECHNIQUE



CONTACT

ALLEMAGNE

LD DIDACTIC GmbH
Leyboldstr. 1
50354 Huerth, Allemagne
Tél.: +49 2233 604 0
Fax: +49 2233 604 222
E-Mail: info@ld-didactic.de
www.ld-didactic.com

FRANCE & BELGIQUE WALLONIE TUNISIE - ALGERIE - MAROC - COTE D'IVOIRE

Systèmes Didactiques s.a.r.l
Savoie Hexapole - Actipole 3, Rue Maurice Herzog
F 73420 Viviers du Lac
Tél: +33 (0)4 56 42 80 70
Fax: +33 (0)4 56 42 80 71
E-Mail: xavier.granjon@systemes-didactiques.fr
www.systemes-didactiques.fr

SUISSE ROMANDE

LD DIDACTIC
Baarerstr. 78 | BP 117
CH-6301 Zug
Tél.: +41 4172 026 10
Fax: +41 4172 026 11
E-Mail: info@ld-didactic.ch
www.ld-didactic.ch



WWW.LD-DIDACTIC.COM

BRANDS OF THE LD DIDACTIC GROUP

LEYBOLD® Feedback ELWE® TECHNIK