HAL open science

Jeu pédagogique d'évasion " Les yaourts carnivores "

Lilian Bezard, Marie Debacq, Astrid Rosso

▶ **To cite this version:**

Lilian Bezard, Marie Debacq, Astrid Rosso. Jeu pédagogique d'évasion " Les yaourts carnivores ". Licence. CGP111 : "TP Génie des procédés : Opérations Unitaires Fondamentales", Cnam Paris, France. 2019. hal-02396374v1

HAL Id: hal-02396374

https://hal.science/hal-02396374v1

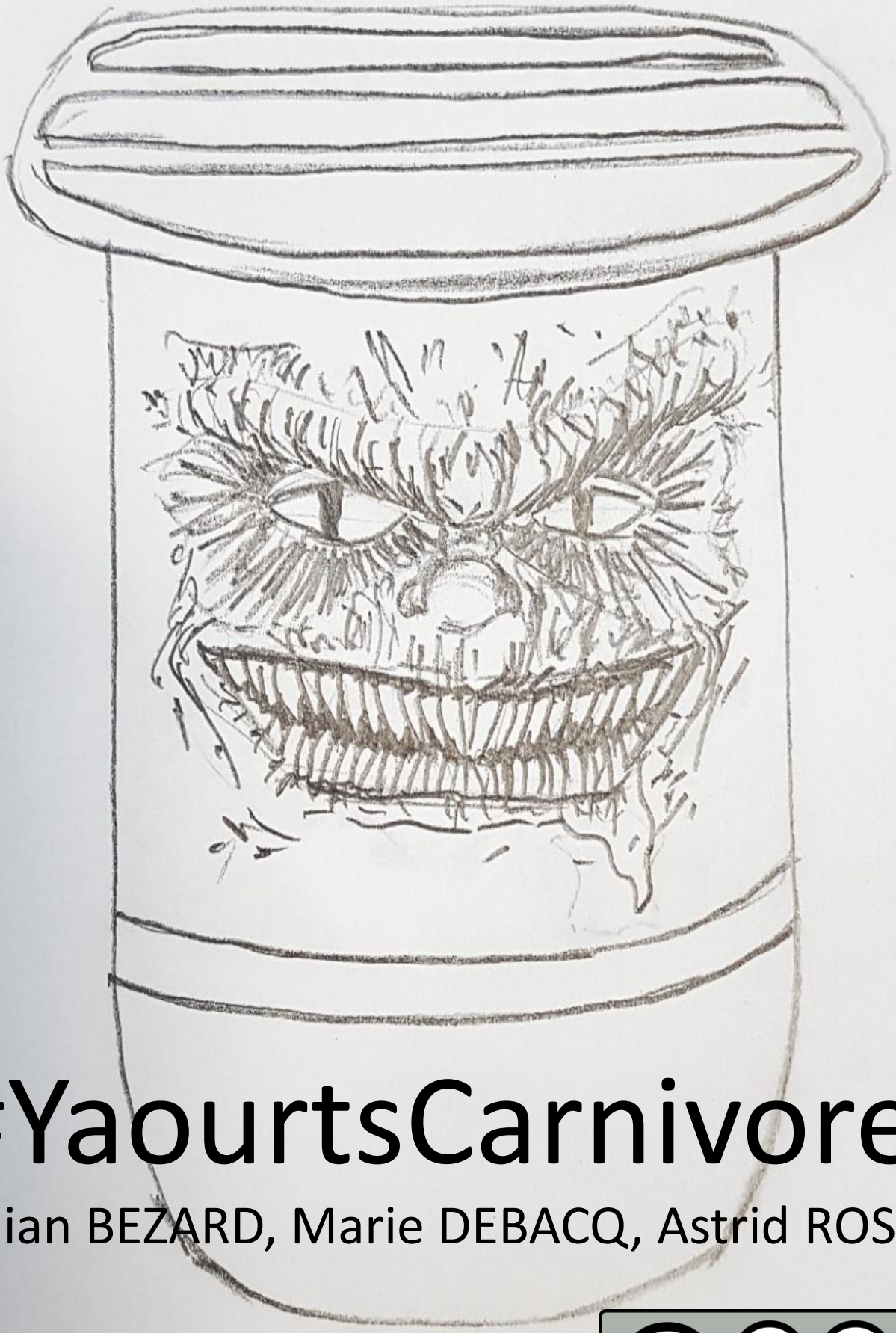
Submitted on 6 Dec 2019 (v1), last revised 17 Jan 2020 (v2)

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - ShareAlike 4.0 International License

le cnam



#YaourtsCarnivores

Lilian BEZARD, Marie DEBACQ, Astrid ROSSO

CC BY NC SA

Jeu d'évasion pédagogique « Les yaourts carnivores »

domaine : sciences et techniques
modalité spatiale : présentiel
discipline : génie des procédés
modalité temporelle : synchrone
public cible : supérieur - niveau L3
modalité collaborative : en groupes (de 2 à 3 apprenants)
durée apprenant : 1 h
type d'activité : coopérer ; observer ; rechercher ; s'auto-former
compétence(s) : anticiper le montage d'un appareillage ; établir l'expression de nombres adimensionnels à partir de données expérimentales

licence CC : Attribution - Pas d'utilisation commerciale - Partage dans les mêmes conditions
thématique : agitation
auteurs : Lilian BEZARD, Marie DEBACQ, Astrid ROSSO (Cnam)
constat/motivations : Cette séance de TP est très simple en terme de manipulation (au point de devenir un peu ennuyeuse), mais les calculs demandent de la préparation et les auditeurs ont beaucoup de mal à anticiper ces calculs. L'enseignante responsable de ce TP ne souhaite pas leur donner les formules « toutes cuites » et tient à ce qu'ils les retrouvent par eux-mêmes. La séance se déroule en quatre étapes expérimentales :

1. montage du matériel : rien de très complexe, mais il faut faire les choses dans l'ordre, en respectant précisément les règles dimensionnelles (cuve standard) et avec quelques précautions de sécurité ;
2. tracé point par point des courbes de puissance de différents mobiles (hélice marine, turbine Rushton, hélice à pales inclinées, ancre) dans diverses configurations (sans ou avec 1 ou 4 chicanes) : il faut savoir comment calculer le nombre de Reynolds et le nombre de puissance avec les éléments fournis par le moteur d'agitation + une mesure de la dimension du mobile ; ce sont ces calculs (notamment le nombre de puissance) que les auditeurs arrivaient difficilement à établir ;
3. étude du vortex en même temps que les essais de l'étape 2 sans chicane et comparaison avec les prédictions de corrélations de la littérature ;
4. mise en suspension homogène totale de particules solide, en s'appuyant sur les observations des phases 2 et 3.

objectif pédagogique : mieux préparer cette séance de travaux pratiques agitation pour rendre les auditeurs autonomes
prérequis : connaissances de base du génie des procédés, dont introduction à l'agitation (≈3h de cours-TD sur le sujet)
ressources/matériel pédagogique :

- une fiche de règles du jeu
- 7 grandes cartes « lieu » portant une lettre
- 80 cartes numérotées « objet » (dont certaines peuvent être associées par 2 pour obtenir un nouvel objet ou réaliser une action) ou « énigme », dont 30 correspondent à des associations ou réponses erronées aux énigmes et génèrent 1 à 2 points de pénalité et 3 correspondent aux 3 niveaux du jeu qui rapportent des points
- 7 cartes « aide » donnant des indices sur les numéros cachés (ces cartes pourraient être complétées avec des aides pour la résolution des énigmes)
- « matériels » complémentaires :
  - 1 cahier de laboratoire (contenant entre autres un polychromacryptographe)
  - 4 pochettes plastiques de couleur rouge-bleu-vert-jaune (pour décoder le polychromacryptographe)
  - 1 concentrx
  - 4 cartes perforées (qui seront découvertes au début du jeu et serviront à la fin)
  - chronomètre
- matériel que le joueur peut apporter : papier de brouillon, crayon et calculatrice

scénario : La phase de préparation de la séance de TP, autrefois sous la forme d'un document PDF à lire et de feuilles de relevé à observer, a été remplacée par une vidéo d'une quinzaine de minutes présentant de manière synthétique les principes fondamentaux de l'agitation (sans lien particulier avec le TP) : https://youtu.be/y_IK-AVOa4s. La partie théorique du support PDF est toujours à disposition des auditeurs. La partie expérimentale de la séance a été réduite de 4 à 3h. Le jeu se déroule en début de séance. Il comporte trois niveaux successifs. Pour restreindre le jeu à une durée d'environ 1h, le phénomène de vortex n'y est pas du tout évoqué (en revanche il est expliqué et illustré dans la vidéo). Le maître du jeu reste avec les joueurs pendant tout le jeu. Les trois niveaux de jeu sont :

1. monter la cuve (rapporte 10 points) : cette phase du jeu est basée sur de la fouille et de l'association d'objets ; elle permet de décortiquer toutes les étapes du montage, de réviser les proportions de la « cuve standard » et de souligner les précautions de sécurité ; elle est volontairement simple, pour faire « entrer » les auditeurs dans le jeu et qu'ils prennent confiance ;

2. établir l'expression du nombre de Reynolds d'agitation (rapporte 20 points) : cette phase du jeu est basée essentiellement sur de la logique et de l'observation ; cette énigme est plutôt complexe et peut nécessiter un peu d'aide du maître du jeu avec certains groupes pour rester dans l'heure de jeu ;
3. établir l'expression du nombre de puissance, y compris le facteur prenant en compte les unités des grandeurs qui seront mesurées pendant la séance de TP (rapporte 30 points) : cette phase du jeu est également basée sur de la logique et de l'observation + un calcul ; elle est elle-aussi complexe, mais les auditeurs étant passés par l'étape 2 réussissent un peu plus facilement cette étape 3.

« histoire » :

Le jeu commence par ce message : Usine de produits laitiers Lactadélice, mars 2019

> Mon nom est Ford PARFAIT, j'étais le contremaître en charge du secteur yaourts. Des rats ont fait leurs crottes dans la cuve de culture des ferments lactiques. Au début, on a fait comme si rien ne s'était passé et on a continué la production. Mais rapidement il y a eu des attaques dans les rayons des supermarchés : quelques jours après leur préparation, les yaourts de la gamme « Bon Papa » devenaient carnivores et dévoraient les consommateurs !
> L'usine a dû récupérer tous les yaourts de cette gamme qui avaient été distribués : au total 250 000 yaourts de 125 mL. Le directeur de l'usine a menacé de tout me mettre sur le dos au tribunal, si je ne trouvais pas rapidement une solution pour que la préparation des yaourts revienne à la normale, sans avoir à tout jeter. Je sais que mes minutes sont comptées… D'autant qu'il y a une conférence de presse ce soir, où on annonce la présence d'Élise LUCÈRE ; le directeur veut une solution pour 17h15.
> Mais là je n'en peux plus, j'ai besoin de repos ; cela fait 30h que je travaille sans m'arrêter ; je vais me reposer une heure : je vous laisse continuer mes recherches… Pour de futurs ingénieurs en génie des procédés, la tâche devrait être facile. Vous trouverez mon cahier de laboratoire sur le bureau.
> Maintenant à vous de jouer : déclenchez le chronomètre et retournez cette carte. *Faites vite, il y a des yaourts tueurs dans le frigo du labo !*

À la fin du jeu, lorsque les auditeurs ont passé les 3 niveaux, le maître du jeu leur remet un pot contenant une substance miracle qui annihile les effets des crottes de rat et qu'il faudra mettre en suspension dans la cuve pour purifier les yaourts (à terme ce pot sera placé dans un cryptographe ; le premier essai pour en imprimer avec une imprimante 3D était plutôt concluant, mais il y a quelques détails à améliorer). Un rapide debrief est fait avec le maître du jeu (remédiation des notions apprises, mais aussi impressions sur le jeu). Les auditeurs sont alors autorisés à entrer dans le laboratoire pour réaliser les expériences. Mais souvent fatigués par l'intense concentration qu'a nécessité le jeu, ils ont besoin d'une courte pause avant d'enchaîner sur le travail au laboratoire (c'est l'occasion de faire un second debrief en dehors de la présence de l'enseignant, avec les ingénieurs pédagogiques coconcepteurs du jeu).

Quinze minutes avant la fin de la séance de TP, le directeur de l'usine (en fait l'enseignant)
vient inspecter la mise en suspension homogène totale des particules,
puis repart (normalement satisfait) pour sa conférence de presse.

Les auditeurs doivent ensuite vidanger, démonter et nettoyer l'ensemble du matériel expérimental. Ils remplissent également un QCM, comme pour toutes les autres séances de TP, mais les dernières questions de ce QCM concernent leurs impressions sur le jeu.

premiers retours d'expérience (avril-mai 2019) :

Les quatre groupes qui ont expérimenté le jeu sont allés jusqu'au bout (avec un peu d'aide pour les premiers « cobayes » et pour le dernier groupe, plus faible) ; ils ont mis 1h05 à 1h20 à le réaliser ; à chaque fois avec très peu de pénalités (1 à 4 points).

Dans tous les cas, les groupes ont peu le réflexe de se servir du cahier de laboratoire et du matériel complémentaire ; il pourra être envisagé dans une future version du jeu de tout mettre sous forme de cartes.

Nous avons noté des habiletés différentes entre les membres d'un groupe : souvent l'un des deux (ou trois) est très performant pour trouver les objets cachés ; l'autre plus inventif pour les énigmes.

Les auditeurs-joueurs ont unanimement apprécié cette forme différente et ludique de préparation de TP. Ils se sont montrés totalement autonomes pour la réalisation des manipulations pendant la séance après le jeu. L'objectif du jeu est donc pleinement atteint.

évolutions possibles :

- éventuellement simplifier un peu le niveau 1 pour raccourcir la durée du jeu ; cependant simplifier ce niveau pourrait faire perdre en partie l'autonomie acquise par les auditeurs pour monter l'installation…
- créer davantage de cartes d'aide (L'objectif étant que la présence permanente du maître du jeu ne soit plus requise, pour qu'il puisse s'occuper des autres groupes en parallèle sur d'autres TP.) ;
- peut-être transformer le cahier de laboratoire en cartes supplémentaires.

impression du matériel de jeu, découpage des cartes et du concentrx

Les cartes doivent être imprimées en recto-verso sur du papier A4, de préférence en couleur et sur du papier cartonné. Les pages A4 des cartes lieux (portant des lettres) doivent être coupées en 2. Celles des cartes numérotées, des cartes d'aide et des cartes perforées découpées en 4. Évider les cases marquées d'un point noir sur les 4 cartes perforées.

Imprimer le cahier de laboratoire en recto-verso en format livret (sur papier A4 à plier en deux pour obtenir du A5).

La fiche des règles du jeu est à imprimer en recto au format A4.

Découper les disques du concentrx en suivant les traits rouges, puis les superposer du plus grand au plus petit et les assembler à l'aide d'une attache-parisienne.

Choisir des pochettes plastiques bien transparentes (éviter les pochettes « granuleuses »), de couleur vive et « pure ».

Si vous utilisez ce jeu avec vos élèves/étudiants/apprenants,

vous pouvez demander aux auteurs les fichiers orignaux des cartes de jeu pour pouvoir les adapter à votre TP : lilian.bezard@lecnam.net ; marie.debacq@agroparistech.fr ; astrid.rosso@lecnam.net

Merci de :

- leur signaler les éventuelles erreurs que vous auriez trouvées dans le jeu ;
- leur faire part de votre expérience avec vos élèves/étudiants/apprenants.

Et n'hésitez pas à promouvoir le jeu sur les réseaux sociaux **#YaourtsCarnivores** (en mentionnant les auteurs : **@lilianPCB**, **@MarieDEBACQ** et **@arosso73**) !!!
Merci.

articles à lire à propos du jeu #YaourtsCarnivores

Sur le site É S'CAPE : http://scape.enepe.fr/yaourts-carnivores.html
Sur le blog du Living Lab du Cnam
Une publication dans le journal *Education for Chemical Engineers* est également en préparation.

Les yaourts carnivores
règles du jeu

Lilian BEZARD, Marie DEBACQ, Astrid ROSSO

Vous disposez d'un certain nombre de cartes dont vous ne voyez pour le moment que la lettre ou le numéro. **Vous ne pouvez retourner que les cartes dont vous avez repéré la lettre ou le numéro sur une précédente carte.** Certaines cartes donnent accès à d'autres cartes grâce à leur lettre ou numéro ; dès que vous repérez une lettre ou un numéro, prenez la carte correspondante et retournez-là. Observez attentivement les cartes, parfois les lettres/numéros sont bien cachés ! Il y a cinq types de cartes dans ce jeu :

1. **cartes lieu :** Elles montrent un environnement dans lequel sont disséminés des lettres et/ou numéros.
2. **cartes objets :** Celles portant un ou un peuvent être associées pour obtenir une information, une action ou un nouvel objet. Par exemple une carte coffre + une carte clé peuvent permettre d'accéder à un objet enfermé dans le coffre : il vous suffit d'additionner les numéros des deux cartes (coffre + clé) puis de chercher la carte dont le numéro correspond à cette somme et la retourner. Vous ne pouvez additionner qu'un numéro rouge (en creux) avec un bleu (excroissance). Lorsque des additions inattendues vous conduisent à des cartes en dehors du scénario, le maître du jeu peut décider de les remettre dans le paquet. Attention, si vous associez à mauvais escient des cartes, vous pourriez tomber sur des cartes pénalité…
3. **cartes énigmes/machines et autres cartes :** Elles permettent d'avancer dans la résolution des différentes énigmes du jeu. Chaque niveau atteint vous rapporte des points (il y a trois niveaux dans ce jeu). Certaines énigmes complexes nécessitant plusieurs cartes sont identifiées par un symbole spécial : pour le niveau 2 ; pour le niveau 3.
4. **cartes aide :** À utiliser quand vous êtes bloqués, pour trouver des numéros cachés. Elles sont comptabilités pour calculer votre score final… mais cela vaut parfois la peine pour avancer !
5. **cartes pénalité :** Lorsque vous tombez sur une carte de ce type (réponse erronée à une énigme, tentative de manipulation dangereuse, …), vous perdez 1 point par symbole . Lisez le commentaire figurant sur la carte de pénalité ! c'est peut-être un indice pour rectifier votre erreur…

Défausse des cartes : certaines cartes, une fois retournées, comportent des numéros barrés : vous pouvez défausser les cartes correspondantes afin d'éclaircir votre espace de jeu.

Vous disposez également d'un chronomètre et d'un peu de matériel ; il vous faudra sûrement utiliser certains matériels au fil du jeu… Vous pouvez vous munir d'un crayon, de papier de brouillon et d'une calculatrice. Vous ne devez pas écrire sur les cartes. Sauf si une carte vous y invite explicitement, vous n'avez pas à interagir avec l'environnement : uniquement les cartes et matériels déposés sur la table.

Le **maître du jeu** est présent pendant la partie (autant que possible compte tenu des besoins des autres groupes en TP en même temps que vous). Il s'assure du bon déroulement de la partie et vérifie notamment le respect des règles du jeu. Il peut ponctuellement décider de vous apporter son aide. Des observateurs peuvent assister à la partie, surtout en phase de rodage du jeu ; ils n'interviennent pas sur le déroulement du jeu.

Le jeu se termine lorsque vous avez résolu toutes les énigmes et arrêté le chronomètre [ou si vous dépassez une heure trente de jeu]. Vous pourrez alors aller réaliser les manipulations dans le laboratoire.

Les yaourts carnivores

Usine de produits laitiers Lactadélice, mars 2019

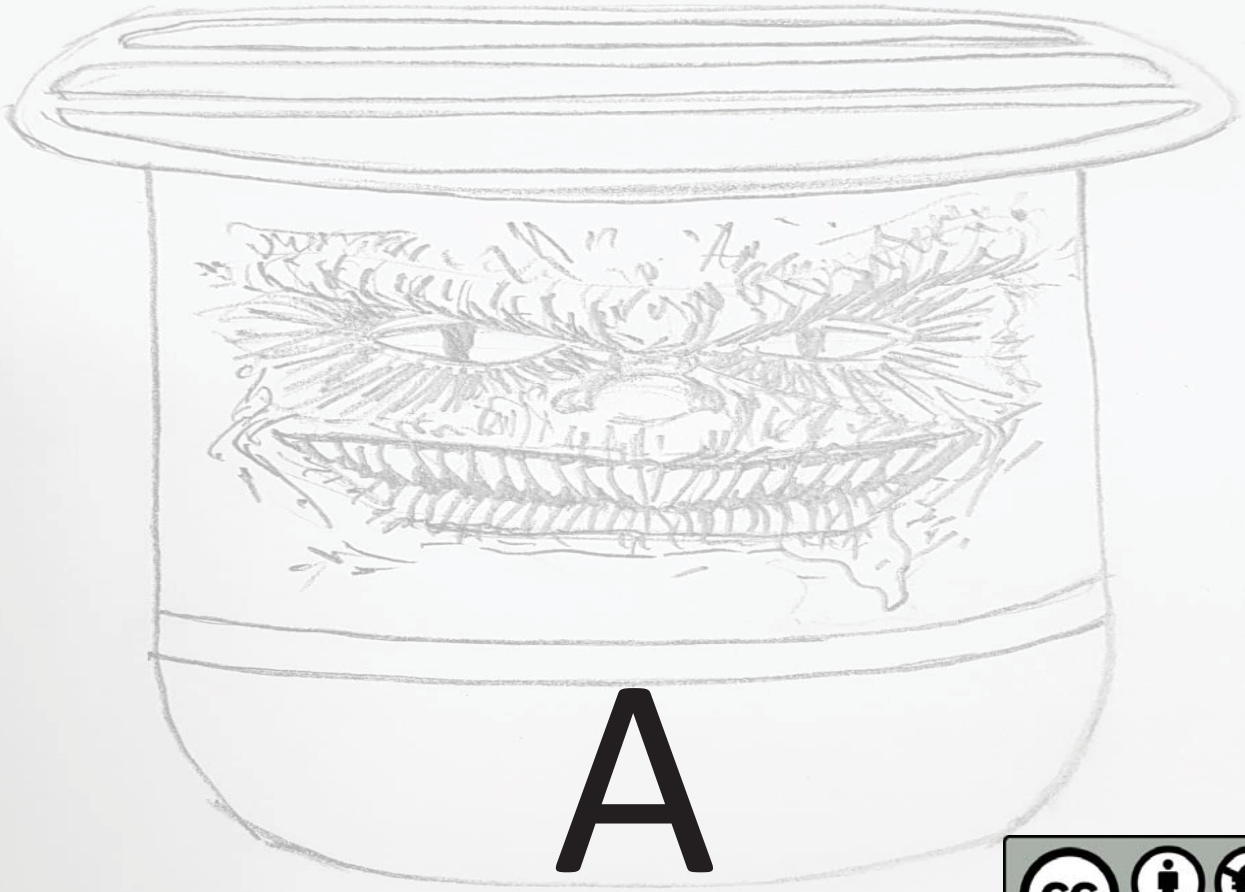
Mon nom est Ford PARFAIT, j'étais le contremaître en charge du secteur yaourts. Des rats ont fait leurs crottes dans la cuve de culture des ferments lactiques. Au début, on a fait comme si rien ne s'était passé et on a continué la production. Mais rapidement il y a eu des attaques dans les rayons des supermarchés : quelques jours après leur préparation, les yaourts de la gamme « Bon Papa » devenaient carnivores et dévoraient les consommateurs !

L'usine a dû récupérer tous les yaourts de cette gamme qui avaient été distribués : au total 250 000 yaourts de 125 mL. Le directeur de l'usine a menacé de tout me mettre sur le dos au tribunal, si je ne trouvais pas rapidement une solution pour que la préparation des yaourts revienne à la normale, sans avoir à tout jeter. Je sais que mes minutes sont comptées… D'autant qu'il y a une conférence de presse ce soir, où on annonce la présence d'Élise LUCÈRE ; le directeur veut une solution pour 17h15.

Mais là je n'en peux plus, j'ai besoin de repos ; cela fait 30h que je travaille sans m'arrêter ; je vais me reposer une heure : je vous laisse continuer mes recherches… Pour de futurs ingénieurs en génie des procédés, la tâche devrait être facile. Vous trouverez mon cahier de laboratoire sur le bureau.

Maintenant à vous de jouer : déclenchez le chronomètre et retournez cette carte. *Faites vite, il y a des yaourts tueurs dans le frigo du labo !*

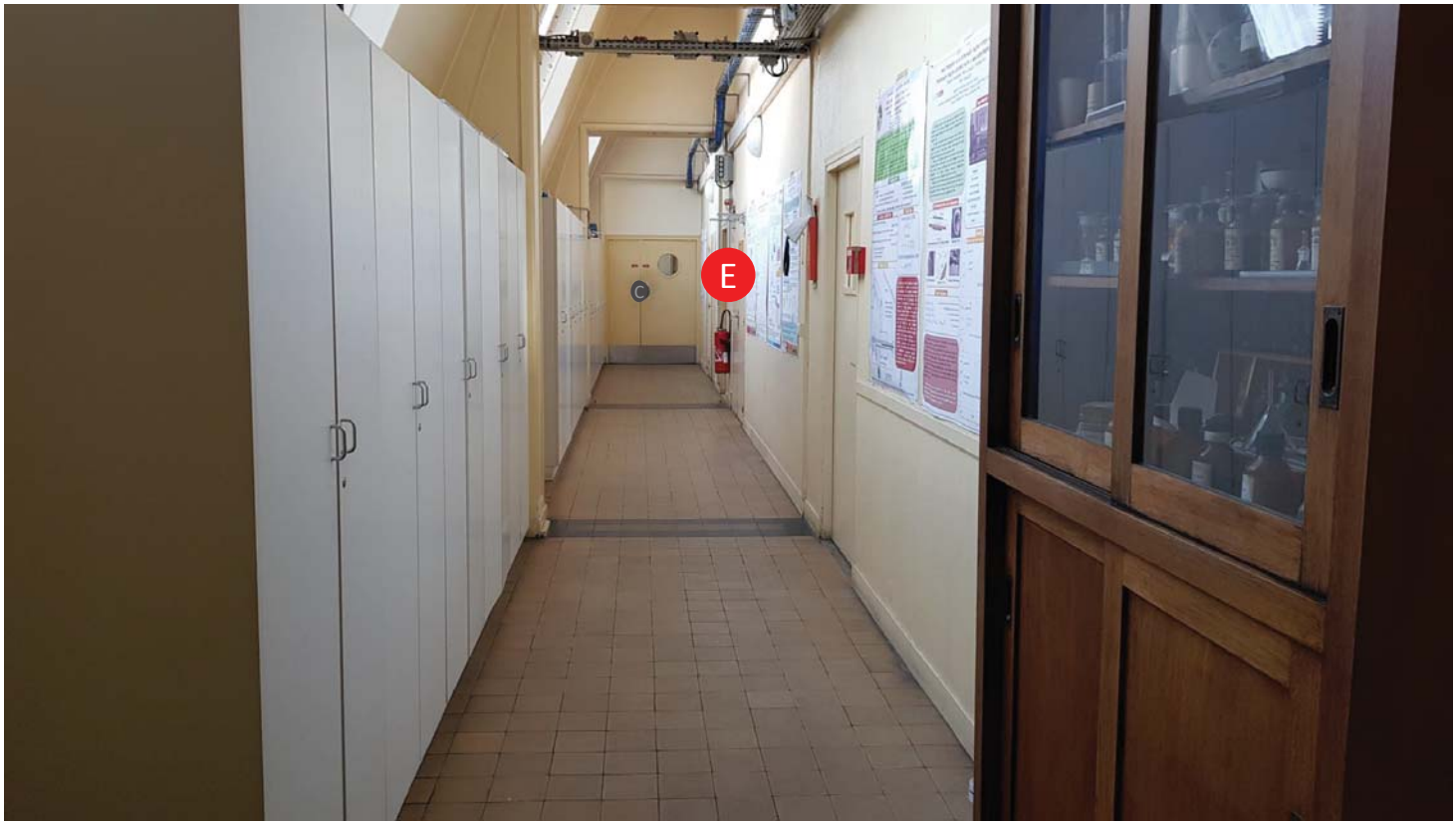
BY NC SA



A

BY NC SA

Les yaourts carnivores



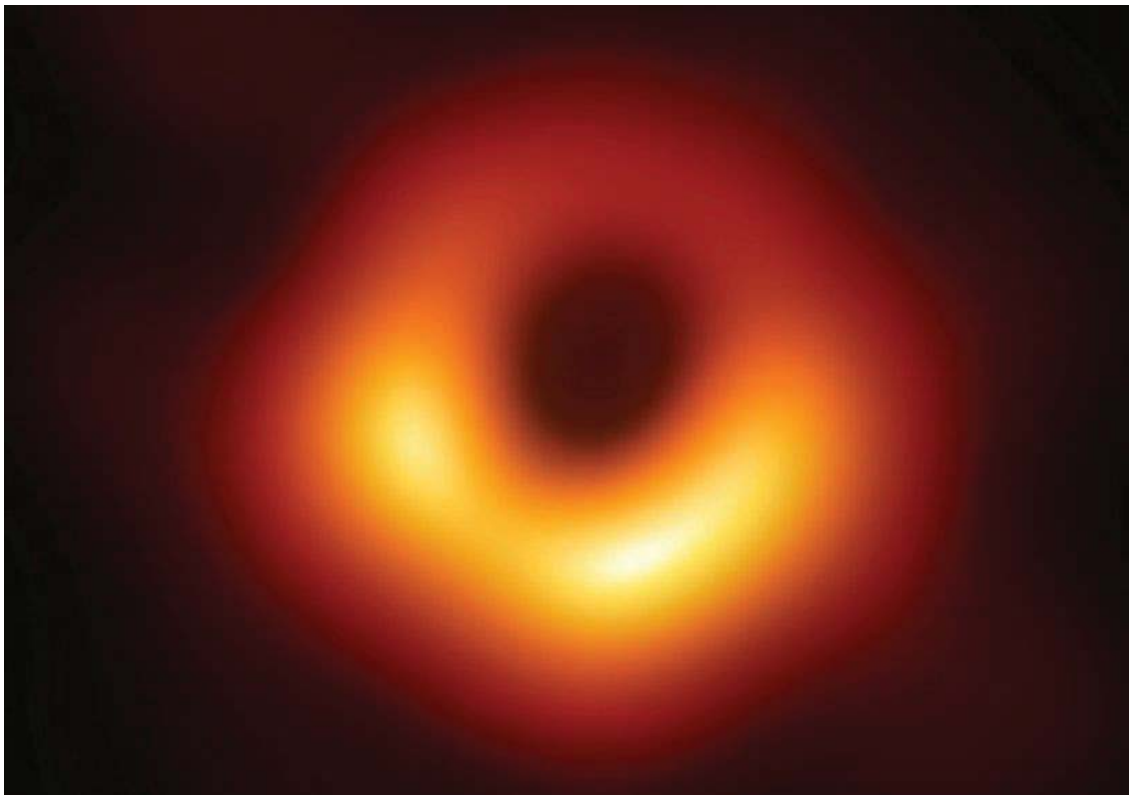
Ceci est la carte « zéro ».

A : le laboratoire

BY NC SA

BY NC SA

B : évitez le trou noir !



C : le couloir

BY NC SA

BY NC SA

D : une pause s’impose ?

E : la salle polyvalente

BY NC SA

F : l’atelier

1
BY NC SA

2
BY NC SA

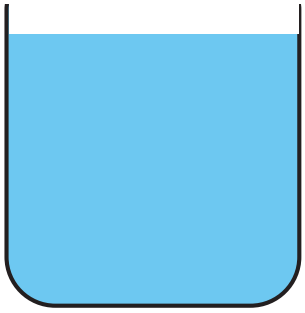
3
BY NC SA

4
BY NC SA

2

~~10~~ ~~3~~ ~~26~~

1



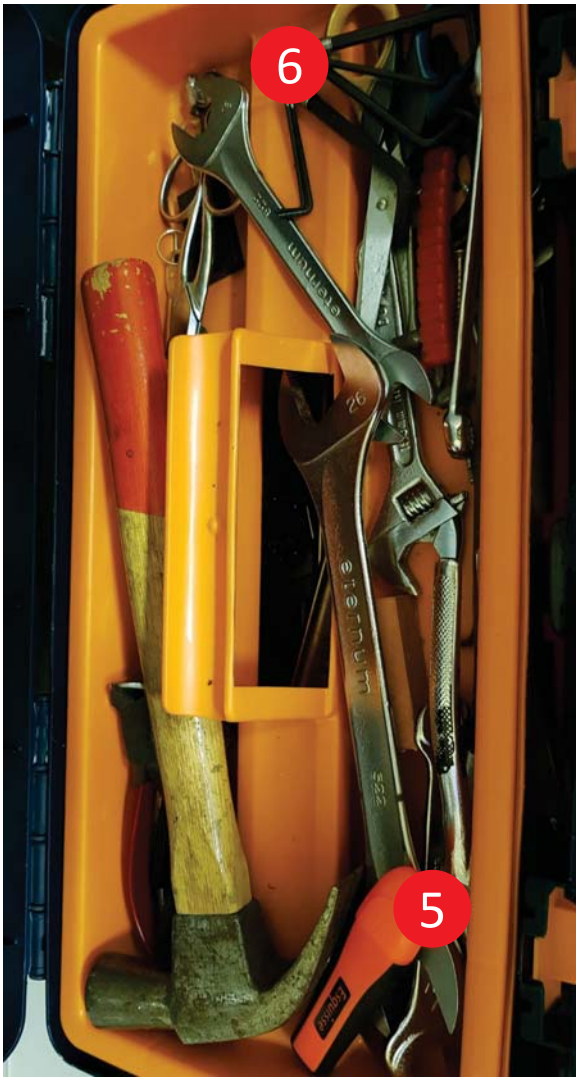
La cuve est maintenant correctement remplie.

un réglet

4

Bien vu, il y a une clé dans la poche de la blouse !

3



une boîte à outils

5
BY NC SA

6
BY NC SA

7
BY NC SA

8
BY NC SA

6

un jeu de clés ~~alien~~ six pans

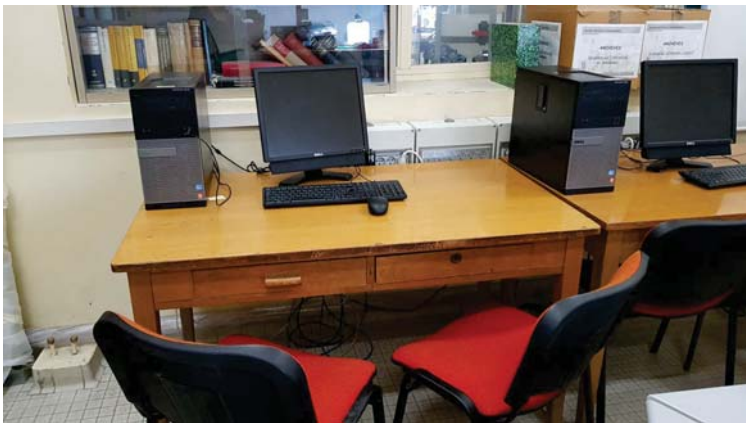
5

une clé à mandrin

8

un arbre d'agitation

7



Le tiroir de droite du bureau est fermé à clé.

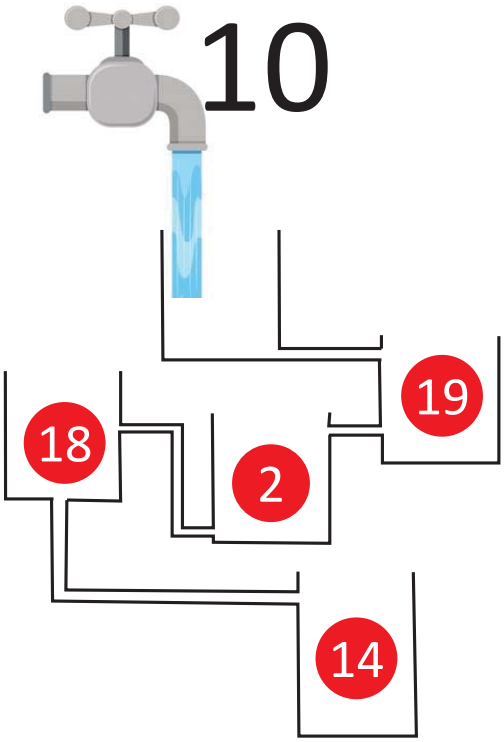
9

10

11

12

10



Une fois que la cuve du bas déborde, quelle cuve est remplie selon la recommandation standard en agitation ?

9

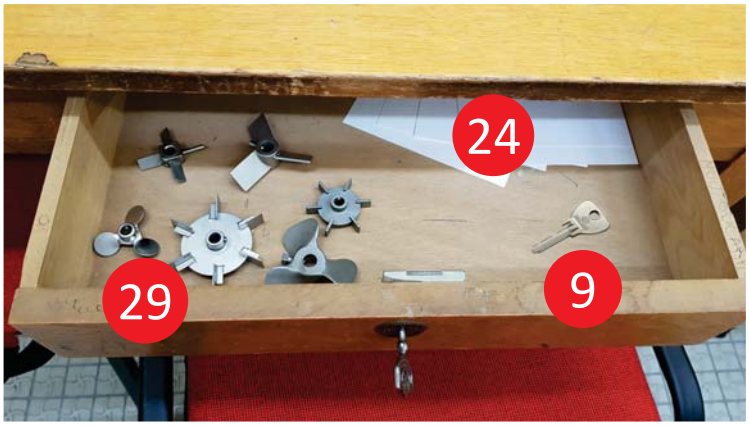
une clé

12

NON la clé à mandrin n'ouvre pas le tiroir...

11

~~4 — 7~~

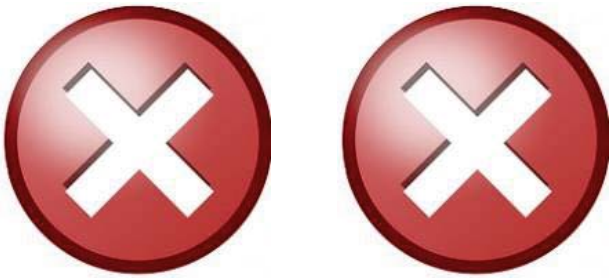


Le tiroir contient :
- des mobiles d'agitation
- une clé
- des cartes perforées

(pour le dernier niveau du jeu)

BY NC SA

14



Hum... si vous pouviez éviter d'inonder le labo !

13

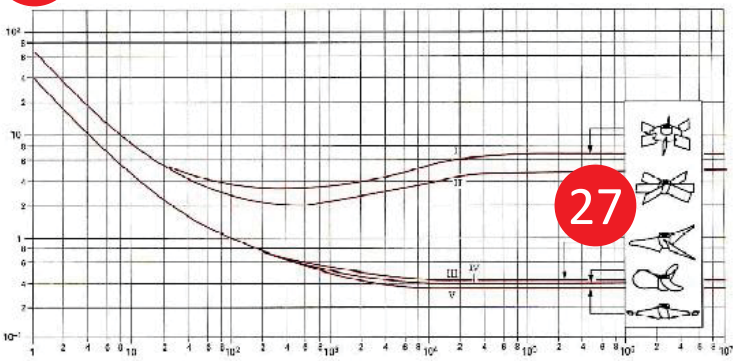
L'armoire électrique est fermée à clé.

16

Ce n'est pas la bonne clé.

15

43



47

L'objectif intermédiaire de vos manipulations sera de tracer les courbes de puissance de quelques mobiles…

17
BY NC SA

18
BY NC SA

19
BY NC SA

20
BY NC SA

18

Ce remplissage ne correspond pas aux recommandations…

17

Ce n’est pas la bonne clé.

20

une cuve

19

La cuve n’est pas assez remplie.

21
BY NC SA

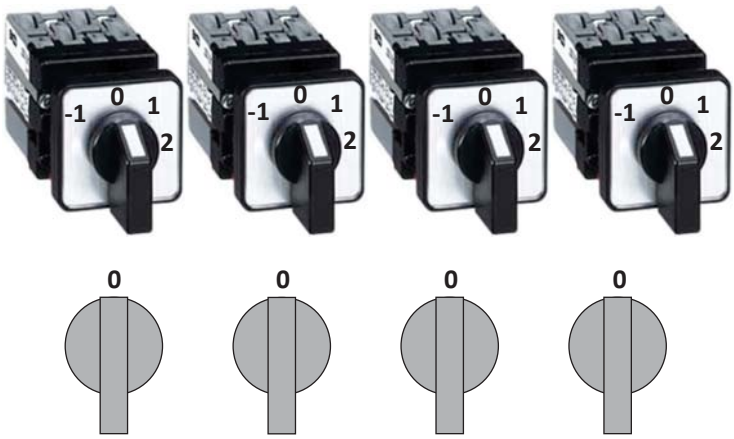
22
BY NC SA

23
BY NC SA

24
BY NC SA

22

~~9~~ ~~13~~ ~~20~~



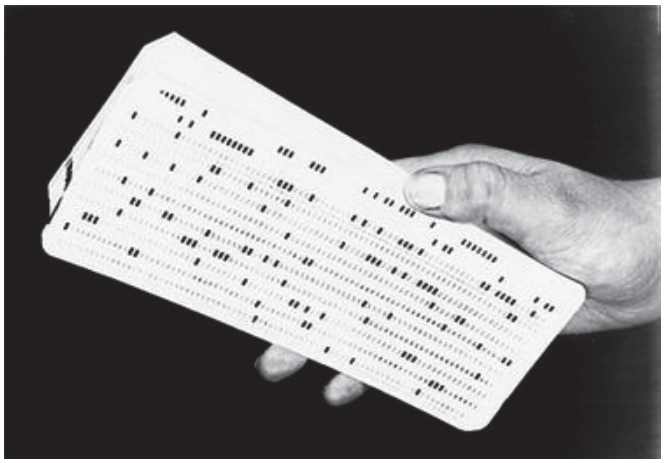
L'armoire électrique contient 4 commutateurs à 4 positions. Ils sont à zéro pour l'instant. Au niveau 2 du jeu, il faudra les positionner correctement pour alimenter une prise…

21

La cuve mesure :

- 20,5 cm de diamètre interne
- 23 cm de diamètre externe
- 29,5 cm de profondeur en son centre (fond de cuve incurvé)

24



un lot de cartes perforées
nécessaires pour le niveau 3 du jeu
(Allez les chercher dans le tiroir puis défaussez cette carte ~~24~~.)

23

un moteur d'agitation

25
BY NC SA

26
BY NC SA

27
BY NC SA

28
BY NC SA

26

Effectivement, la boîte à outils a un second compartiment.

28

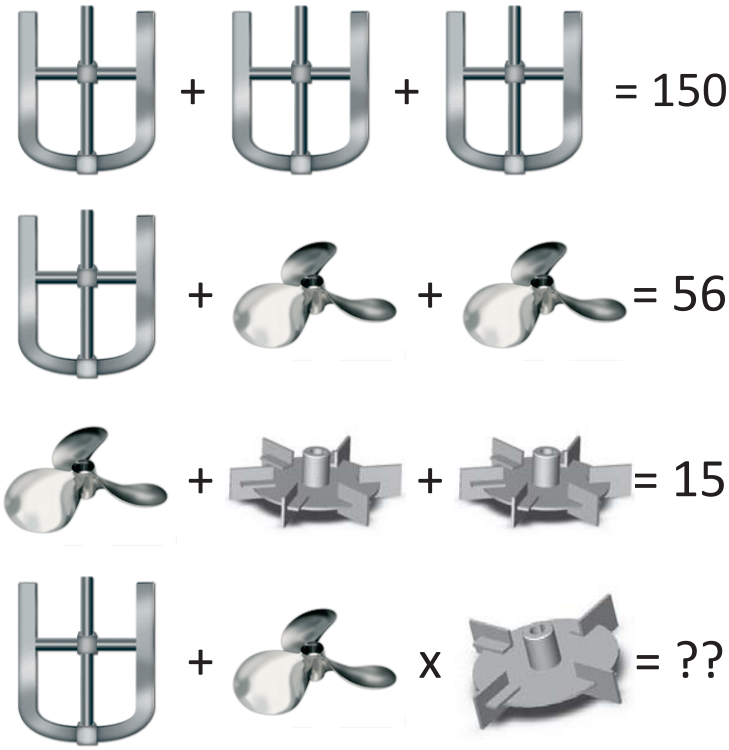
La clé à mandrin sera en effet utile avec le moteur d'agitation, mais pour serrez quoi ?

Si vous n'avez pas déjà ce qu'il faut, vous trouverez surement dans la suite du jeu (il faudra ouvrir l'œil, le numéro de cet objet est grand mais bien caché)…

25

Cette prise électrique n'est pas encore alimentée en électricité.

27



une énigme pour les génies de Facebook (ou des procédés)

BY NC SA

~~29~~

30

Quels mobiles choisir pour la cuve disponible Au lAborAtoire ?

mobiles de 7 cm

37

mobiles de 5 cm

50

29

mobiles d'agitation de différents diamètres

32

- 0,6 56
- 1,2 58
- 36 69
- 60 60
- 72 72
- 120 70
- 3600 71
- 7200 74

31

~~8 — 23~~

L'arbre tombe au fond de la cuve en verre, c'est dangereux !

33

34

35

36

34

numéro atomique croissant →

viscosité dynamique
μ
à la puissance -1

x

masse volumique
ρ
à la puissance 1

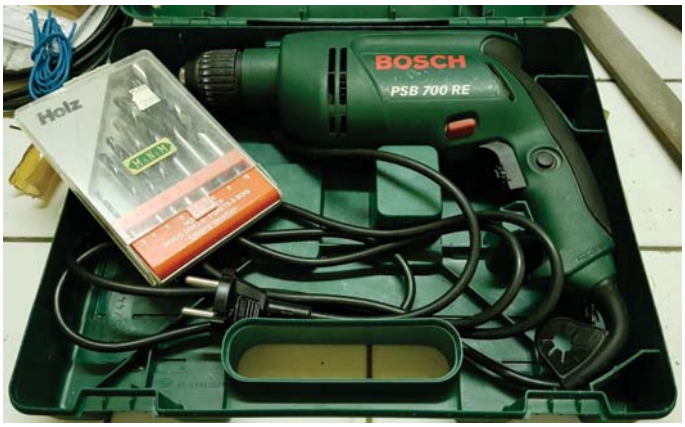
$$\nu = \frac{\rho}{\mu}$$

37
Rb
rubidium
85,47

12
Mg
magnésium
24,312

EXEMPLE avec la viscosité cinématique

33



une perceuse et des forets

36

~~5 31~~

un moteur d'agitation
avec son arbre fixé

35

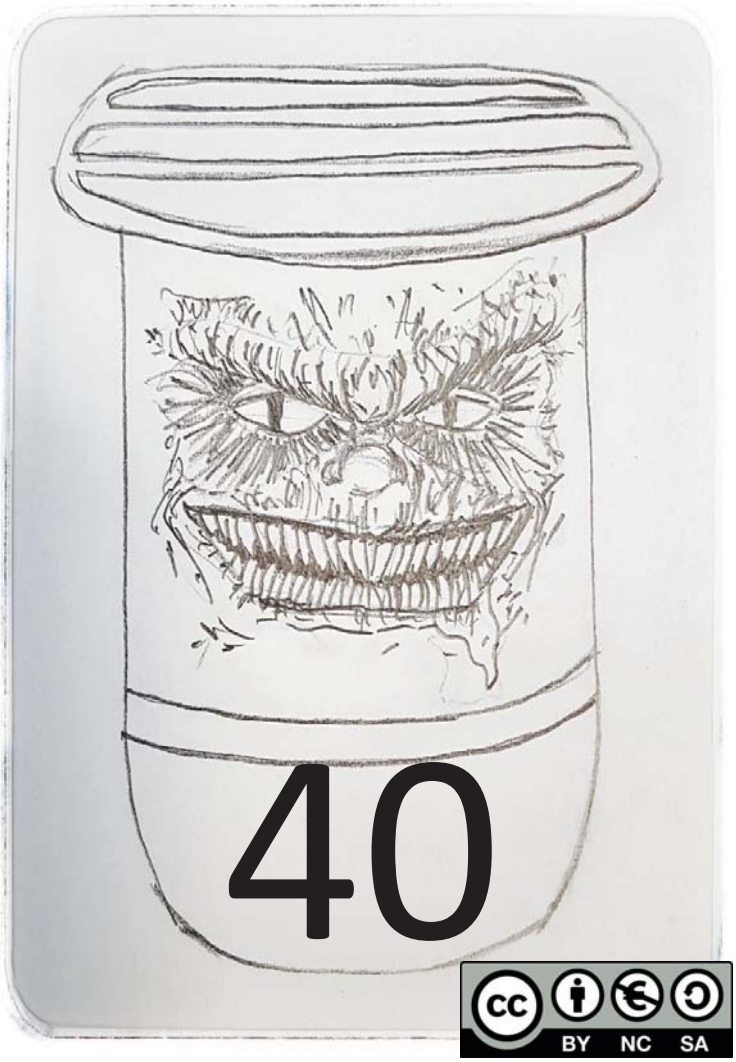
Les clés 6 pans seront en effet utiles avec les mobiles, mais pour les fixer sur quoi ?

Si vous n'avez pas déjà ce qu'il faut, vous trouverez surement dans la suite du jeu (il faudra ouvrir l'œil, le numéro de cet objet est grand mais bien caché)…

37

38

39


40

~~33~~

38

perceuse équipée d'un foret

~~30~~

37

les mobiles adaptés à la cuve

40

Votre nombre de Reynolds n'est pas sans dimension !

~~22 34 47 62~~

39

L'électricité est enfin revenue !

41

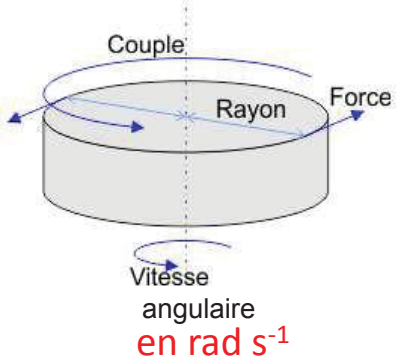
42

43

44

42

Une information utile pour le troisième et dernier niveau du jeu :



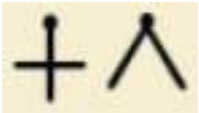
Un couple est le moment d'une force de rotation, c'est-à-dire le rapport entre puissance et vitesse angulaire.

41

Votre nombre de Reynolds n'est pas sans dimension !

44

moteur d'agitation allumé



Un mystère qu'il faudra résoudre pour le troisième et dernier niveau du jeu…

Vous avez le droit d'écrire sur cette carte.

BY NC SA

46

Les valeurs numériques n'ont aucune importance, mais notez bien les unités des grandeurs affichées par le moteur d'agitation!

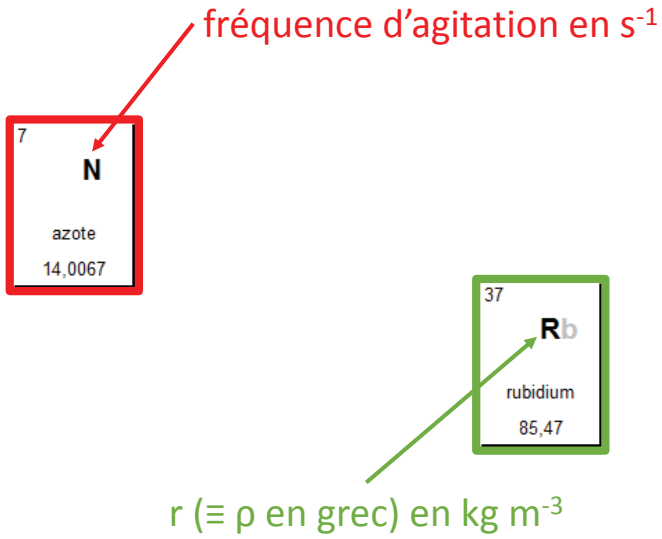
45

Il est interdit de percer le bureau ou le tiroir !

48

Pas pour une cuve standard.

47



Il manque quelques éléments pour reconstruire l'expression du nombre de Reynolds en agitation…

49
BY NC SA

50
BY NC SA

51
BY NC SA

52
BY NC SA

50

Ces mobiles sont trop petits
pour une cuve standard
de cette taille.

49

Pas pour une cuve standard.

52

puissance de chaque grandeur

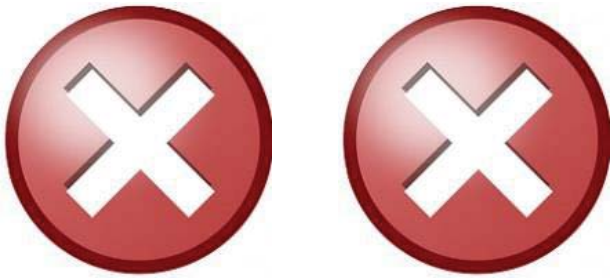
-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
						●				

valeur numérique à choisir sur la carte 32

calcul du nombre de puissance

Vous avez le droit d'écrire sur cette carte.

51



Il est dangereux de forcer l'armoire
électrique à la perceuse !

BY NC SA

54

Pas pour une cuve standard.

53

Pas pour une cuve standard.

56

N’oubliez pas les puissances.

~~1 11 21 33 81~~ 55

BRAVO ! vous avez atteint
le premier niveau :
la cuve est prête.

Après ce niveau de « fouille »,
vous passez aux niveaux
supérieurs avec des énigmes
plus « scientifiques »…

BY NC SA

58

N’oubliez pas les puissances.

57

Ajustez vos lunettes !
il n’y a pas que des +

60

Ce n’est pas si simple !

59

Ajustez vos lunettes !
il n’y a pas que des +

61

62

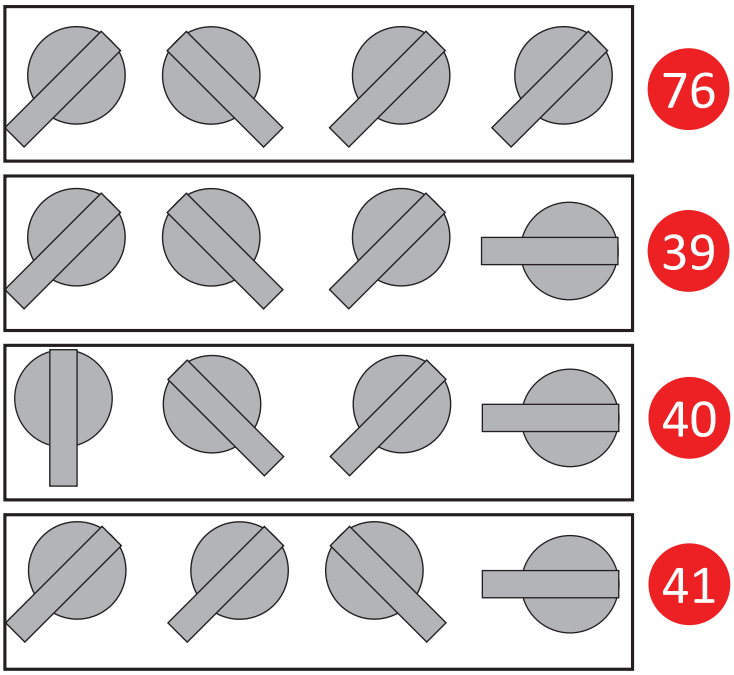
63

64

62

~~27~~

numéro atomique croissant



Quel est le bon réglage ?

Vous avez le droit d'écrire sur cette carte.

61

Si vous ne savez pas quelle est l'unité du couple, consultez le CONCENTRX :

Vous en aurez besoin pour le troisième et dernier niveau du jeu.

64

~~25 39~~

BRAVO ! vous avez atteint le deuxième niveau : votre formule du nombre de Reynolds est correcte. Notez-la et poursuivez… 44

63

Ce n'est pas la bonne carte perforée. La viscosité n'intervient pas dans le nombre de puissance.

BY NC SA

66

Ce n’est pas la bonne carte perforée.

~~15 42 61~~

65

~~cartes perforées~~

Quand vous l’aurez trouvée, vous ajouterez 10 à la carte correspondant à la valeur numérique correcte…

68

Regardez bien les turbines Rushton…

67

Ce n’est pas la bonne carte perforée.

BY NC SA

70

Il en manque !

72

72+10
(comme indiqué sur la carte 65)

69

Pour obtenir une vitesse angulaire à partir d'une fréquence, il faut :

- ❑ multiplier
- ❑ diviser

par…

71

Il en manque !

BY NC SA

74

On y est presque…

76

Votre nombre de Reynolds
n’est pas sans dimension !

73

Les mobiles ne tiennent pas
tout seul sur l’arbre !...

75

Les mobiles montés
sur la perceuse, pourquoi pas ?
mais il va être difficile de
connaître la vitesse de rotation
et le couple !

77

79

81

82

~~6 73~~

79

mobile bien fixé sur l'arbre

~~43~~

77

Le nombre de puissance (nombre sans dimension) est définit par :

D'autres cartes vous aideront à expliciter cette puissance…

$$N_p = \frac{puissance}{\rho \cdot N^3 \cdot {d_A}^5}$$

en kg m^{-3}

voir l'unité lue sur le moteur

en m

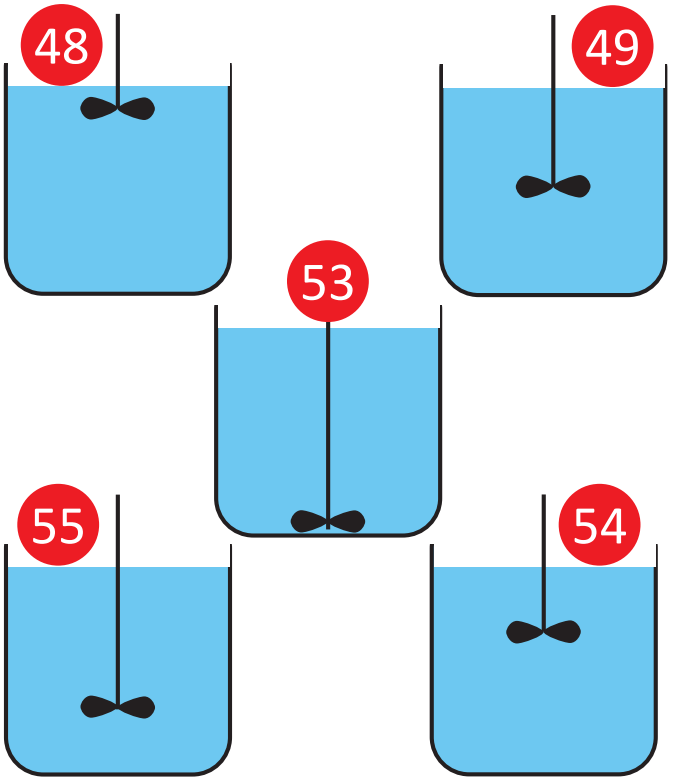
82

BRAVO ! vous avez atteint le troisième et dernier niveau : votre formule du nombre de puissance est juste. **Pensez à la noter : elle vous servira pour exploiter vos mesures.**

Le maître du jeu vous remet la substance miracle qui précipite les crottes de rats et purifie les yaourts. Le directeur de l'usine viendra vérifier la mise en suspension à H-15min.

81

~~2 79~~



Quel est le bon montage ?

zéro

A

C

E

AIDE carte A

Il faudra bien à un moment ou un autre brancher le moteur d'agitation sur une prise électrique ! N'en voyez vous pas une numérotée ?…

AIDE carte « zéro »

La poigné de la porte coupe-feu tout au fond ne serait pas un peu bizarre ?...

AIDE carte E

Avez-vous observé attentivement le signe de danger électrique ?…

AIDE carte C

Un nouveau coffrage a été fait entre les deux portes du fond. Mais la peinture n'a pas encore été refaite : en y regardant de plus près, ne pourriez-vous pas trouver là une nouvelle carte ?…

E

3

23

AIDE carte 3

En plus des numéros en rouge, n’y aurait-il pas un autre numéro visible dans cette boîte à outils ?

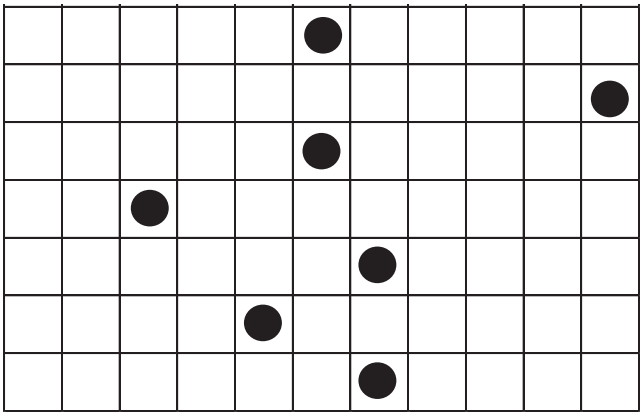
AIDE carte E

Il n’y aurait pas quelque chose qui dépasse de la poche de la blouse ?…

AIDE carte 23

Voilà une façon peu commune d’enrouler un câble électrique ! Et si c’était la voie vers une nouvelle carte ?...

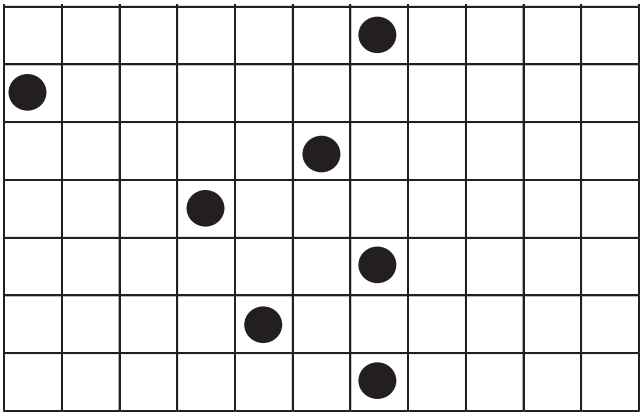
Cette carte perforée se superpose avec une autre carte…



Si vous pensez avoir réalisé la bonne superposition, retournez la carte : 63

CC BY NC SA

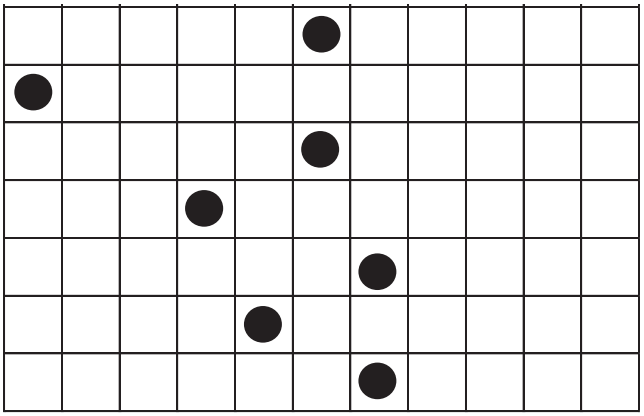
Cette carte perforée se superpose avec une autre carte…



Si vous pensez avoir réalisé la bonne superposition, retournez la carte : 65

CC BY NC SA

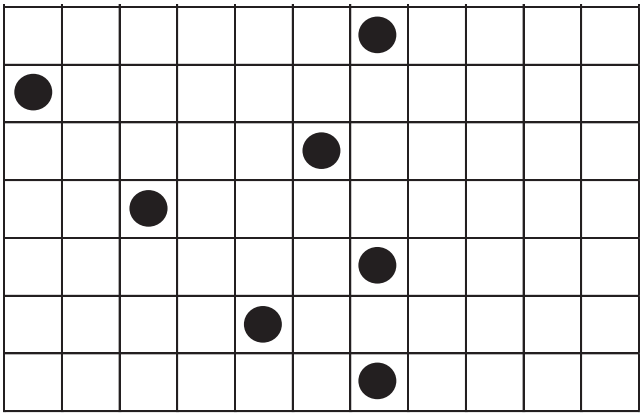
Cette carte perforée se superpose avec une autre carte…



Si vous pensez avoir réalisé la bonne superposition, retournez la carte : 66

CC BY NC SA

Cette carte perforée se superpose avec une autre carte…

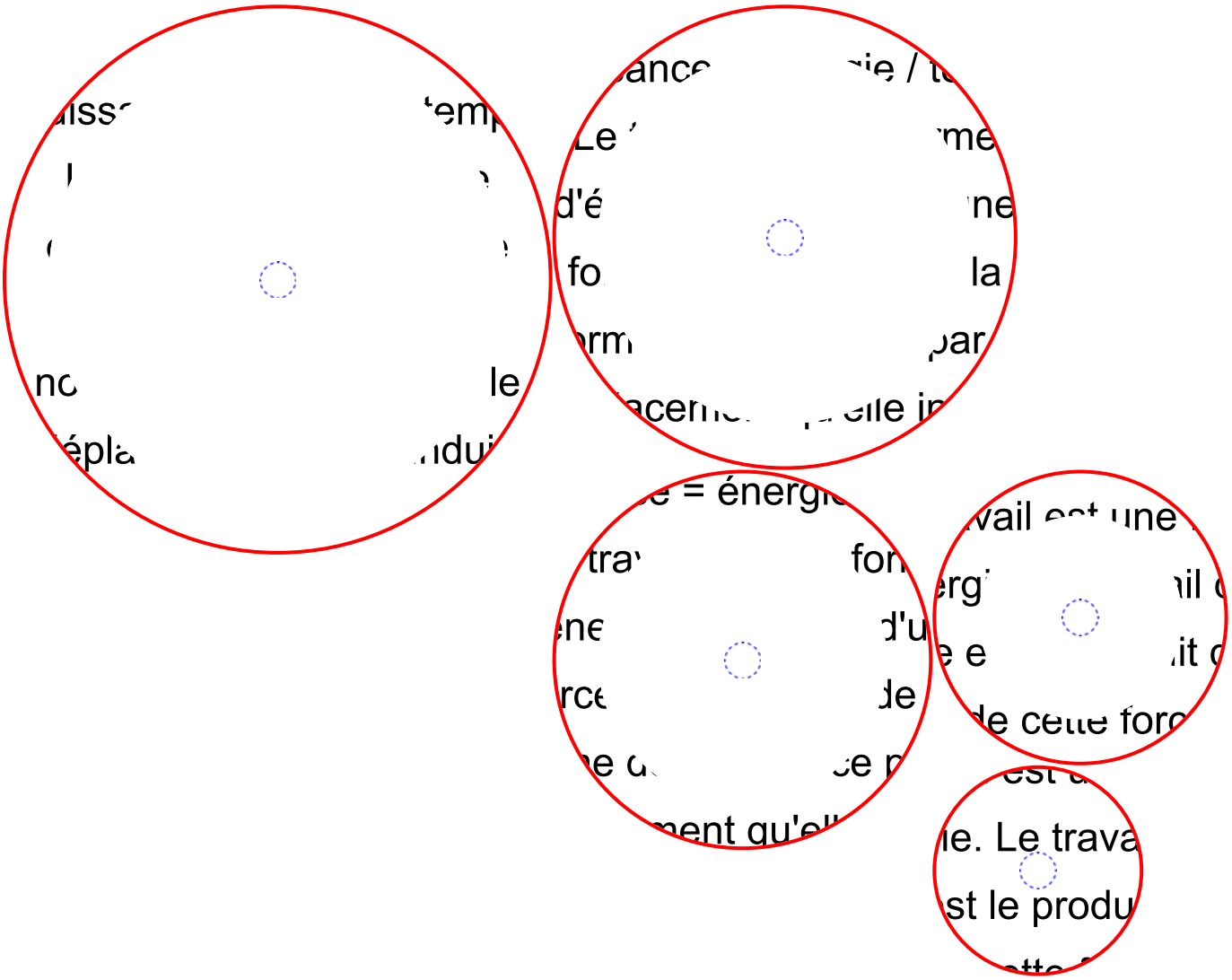


Si vous pensez avoir réalisé la bonne superposition, retournez la carte : 67

CC BY NC SA

Le ConcentrX de S'CAPE

(cc) BY-NC-SA



solution du jeu #YaourtsCarnivores

Lilian BEZARD, Marie DEBACQ, Astrid ROSSO (Cnam)- 2019

Les cartes du niveau 2 portent le symbole ; celles du niveau 3 le symbole .

<u>niveau 1 :</u>

La carte zéro retournée permet de trouver la carte E, mais aussi la C (lettre cachée).
Sur la **carte E**, on trouve la 7, ainsi que la 4 et la 13 (numéros cachés).
La clé de la carte 4 ouvre le tiroir de la carte 7 ; on y trouve alors (carte 4+7=11) : la clé de la carte 9 (qui ouvre l'armoire électrique de la carte 13 : 9+13=22, qui servira au niveau 2 selon le symbole) ; les cartes perforées de la carte 24 (qui serviront pour le niveau 3 d'après le symbole) ; les mobiles de la carte 29.
La **carte C** donne les cartes A (peinture blanche sur le mur) et F (étiquette sur la porte). Dans l'atelier de la carte F, on trouve : une caisse à outils (carte 3) et une perceuse équipée de forets (carte 33). En ouvrant la caisse à outils, on trouve : une clé à mandrin (carte 5) ; un jeu de clés six pans (carte 6) ; le compartiment inférieur de la caisse à outils (numéro 26 caché sur la clé plate). Dans ce compartiment se trouve un réglet (carte 1).
En associant les mobiles de la carte 29 et le réglet de la carte 1, on trouve la carte 29+1=30 donnant les dimensions des mobiles disponibles.
La carte A correspond au laboratoire, dans lequel on trouve : la cuve d'agitation (carte 20) ; un robinet d'eau (carte 10) ; une prise électrique (numéro caché 25). En associant la carte 20 de la cuve et le réglet de la carte 1, on trouve la carte 20+1=21, qui donne les dimensions de la cuve et permet de choisir entre les deux tailles de mobiles disponibles : la bonne taille est 20,5/3≈7 cm (carte 37).
La carte 10 demande de choisir le bon niveau de remplissage de la cuve (selon les recommandations standards), c'est-à-dire la carte 2. Cette carte 2 s'associe avec la carte 21 pour fournir sur la carte 21+2=23 le moteur d'agitation. L'étrange enroulement du câble électrique du moteur sur cette carte 23 permet d'accéder à la carte 8 : l'arbre d'agitation. L'arbre associé au moteur donne la carte 23+8=31 pour laquelle il manque un outil. Cet outil est la clé à mandrin trouvée précédemment (carte 5) ; l'association de la carte 31 et de la 5 donne la carte 31+5=36 avec l'arbre fixé sur le moteur. Les mobiles de la carte 37 s'associent à la carte 36 : 36+37=73, mais il manque encore l'outil pour fixer les mobiles sur l'arbre : ce sont les clés à six pans de la carte 6. La carte 73+6=79 correspond aux mobiles fixés sur l'arbre, lui-même monté sur le moteur. On peut l'associer avec la cuve bien remplie de la carte 2 et obtenir la carte 79+2=81, sur laquelle il faut choisir la bonne position du mobile : au tiers de la hauteur de liquide, soit la carte 55 qui donne les 10 points du premier niveau.

associations erronées :

- ✓ 5+7=12 : la clé à mandrin 5 n'ouvre pas le tiroir 7
- ✓ 9+7=16 : la clé 9 n'ouvre pas le tiroir 7
- ✓ 4+13=17 : la clé 4 n'ouvre pas l'armoire électrique 13
- ✓ 5+23=28 : confirme l'intérêt d'associer la clé à mandrin 5 avec le moteur d'agitation 23, mais ce n'est pas suffisant
- ✓ 6+29=35 : confirme l'intérêt d'associer la clé à six pans 6 avec les mobiles d'agitation 29, mais ce n'est pas suffisant
- ✓ 5+33=38 : un foret est monté sur la perceuse (jusqu'ici rien de mauvais)
- ✓ 7+38=45 : il est interdit de forcer le tiroir à la perceuse pour l'ouvrir !
- ✓ 13+38=51 : il est non seulement interdit, mais dangereux de forcer la serrure d'une armoire électrique avec une perceuse !!

<u>niveau 2 :</u>

La carte 55 (dernière du niveau 1) permet d'accéder à la carte 15, elle-même donnant les cartes 27, 43 et 47.
L'énigme de la carte 27 donne accès à la carte 62 (l'ancre vaut 20 ; l'hélice marine 3 ; la turbine Rushton à 6 pales 6 ; par conséquent le dernier calcul est 20 + 3 x 4 (car la turbine Rushton de la dernière ligne a seulement 4 pales ; et il faut bien remarquer le signe x, alors que sur les autres lignes il n'y avait que des +) => 62). La carte 47 commence à dévoiler le principe de l'énigme du niveau 2.

La carte 43 servira au niveau 3 (symbole).

CC BY NC SA

Dans le cahier de laboratoire, page 3, se trouve un **polychromacryptographe** que l'on décode avec la pochette rouge et rappelle la formule du nombre de Reynolds en agitation : $Re = \frac{\rho \cdot N \cdot {d_A}^2}{\mu}$, où ρ est la masse volumique, *N* la fréquence d'agitation, d_A le diamètre du mobile d'agitation, μ la viscosité dynamique. Le message est le suivant :

Le nombre de Reynolds en agitation est le produit
de la masse volumique du milieu agité par la fréquence de rotation et le diamètre du mobile au carré,
le tout divisé par la viscosité dynamique du milieu agité.

Dans le **cahier de laboratoire**, page 5, on doit calculer -en dm- le volume de la cuve industrielle qui permettra de traiter les 250 000 yaourts contaminés de 125 mL chacun, soit 31,25 m^3. Une cuve standard doit être remplie d'une hauteur égale au diamètre D de la cuve ; son volume est donc égal à $\pi.D^3/4$. Les 31,25 m^3 entreront donc dans une cuve de 3,414 m de diamètre, soit, en arrondissant, 34 dm, ce qui donne la carte 34.

L'énigme du niveau 2 comprend donc les cartes 22 (trouvée au niveau 1), 34, 47 et 62.

- La carte 47 montre que des éléments de la classification périodique sont associés aux grandeurs constitutives du nombre de Reynolds : azote (**N** numéro atomique 7) pour la fréquence d'agitation *N* ; rubidium (**R**b numéro atomique 37) pour la masse volumique (en grec le ρ correspond au R latin, comme rappelé page 7 du cahier de laboratoire) ; magnésium (**M**g numéro atomique 12) pour la viscosité dynamique [visible sur la carte 34 ; en grec le μ correspond au M latin] ; il manque donc l'élément représentant le diamètre. Le symbole habituel pour le diamètre est d_A ; sur la page 2 du cahier de laboratoire, on trouve la classification périodique : on peut éventuellement remarquer que l'élément choisi pour représenter une grandeur physique est le premier (plus petit numéro atomique) dont la première lettre du symbole est la même que la grandeur physique. Pour d_A c'est donc le disprosium (**D**y numéro atomique 66) qui doit être sélectionné [c'est d'ailleurs le seul élément dont la première lettre du symbole est un D].
- La carte 34 suggère comment associer ces grandeurs pour reconstruire le nombre de Reynolds, ainsi que le lien avec les commutateurs (la carte 22 montre comment positionner les commutateurs pour obtenir les valeurs -1 ;0 ;1 et 2). Il faut donc classer les grandeurs dans l'ordre croissant du numéro atomique et leur associer une puissance, à régler sur chaque commutateur. Ainsi les grandeurs physiques se classent dans l'ordre suivant : fréquence d'agitation **N** (numéro atomique 7) à la puissance +1 (commutateur orienté à droite) ; viscosité dynamique $\mu \leftrightarrow$ **M**g (numéro atomique 12) à la puissance -1 (commutateur orienté à gauche) ; masse volumique $\rho \leftrightarrow$ **R**b (numéro atomique 37) à la puissance +1 (commutateur orienté à droite) ; diamètre du mobile d'agitation $d_A \leftrightarrow$ **D**y (numéro atomique 66) à la puissance +2 (commutateur orienté à droite, un cran plus loin).
- Une fois ces puissances réglées sur les commutateurs de la carte 62, on voit que les réglages correspondent à la carte 39 : sur la carte 39 l'électricité est revenue.

Cette carte s'associe alors à la prise électrique de la carte 25 : 39+25=64, qui donne les 20 points du deuxième niveau.

<u>niveau 3 :</u>

La carte 64 donne la carte 44, qui donne les cartes 46 et 61 + la 52 (numéro caché).

Sur la dernière page du **cahier de laboratoire**, se trouve l'affiche du film « H2G2 : le guide du voyageur galactique », adaptation du livre de Douglas ADAMS, dans lequel le nombre 42 (que l'on aperçoit sur l'affiche du film) est un symbole important : c'est la réponse à la grande question de la vie, de l'univers et du reste ! Bref on peut prendre la carte 42, qui fournit une aide pour le niveau 3.

La carte 15 trouvée juste après le premier niveau avait fourni la carte 43 pour ce dernier niveau du jeu. La carte 43 est en partie écrite en alphabet alien (que l'on peut décoder grâce à la page 6 du cahier de laboratoire) : on lit alors « nombre de puissance » et le nombre « 77 » : on peut donc se saisir de la carte 77.

La carte 52 donne accès à la 32.

La carte 61 recommande d'utiliser le **concentrx**. En tournant les disques du concentrx, on fait apparaître des éléments permettant de retrouver l'unité de la puissance :

puissance = énergie / temps
Le travail est une forme d'énergie.
Le travail d'une force est le produit de la norme de cette force par le déplacement qu'elle induit.

Ainsi $puissance\ [W] = \frac{énergie\ [J]}{temps\ [s]}$; $énergie\ \leftrightarrow travail\ [J] = force\ [N] \cdot déplacement\ [m]$

L'énigme du niveau 3 comprend donc les cartes 32, 42, 46, 52, 77 ; ainsi que les cartes perforées trouvées dans le tiroir du bureau au début du jeu et les indices fournis par le concentrx.

- Il faudra choisir une valeur numérique sur la carte 32, une fois que la bonne expression aura été trouvée pour le nombre de puissance, avec les « bonnes » unités.
- La carte 77 rappelle l'expression du nombre de puissance et commence à suggérer la problématique des unités des grandeurs.

- La carte 46 souligne l'importance des unités lues sur le moteur d'agitation (carte 44) : la fréquence d'agitation N en rpm (tour par minute) et le couple en N cm.
- La carte 42 rappelle que le couple est le rapport entre puissance et vitesse angulaire, cette dernière étant exprimée en rad s^{-1}. Il y a donc un facteur 2π entre cette vitesse angulaire et la fréquence d'agitation (si cette dernière est en s^{-1} ; mais elle est en rpm d'après la carte 44 !). On pourra donc relier la puissance au couple par le relation : $puissance\ [W] = 2\pi \cdot N\ [s^{-1}] \cdot couple\ [N\ m] \equiv 2\pi \cdot \frac{N\ [rpm]}{60} \cdot \frac{couple\ [N\ cm]}{100}$ (car sur la carte 44 on a vu que le couple est affiché sur le moteur en N cm).
- La carte 52 fait apparaître un tableau sur lequel on devine qu'il faudra superposer les cartes perforées (<u>attention</u> les tableaux sont décalés entre la carte 52 et les cartes perforées, il faut donc correctement les superposer pour résoudre cette énigme) : les différentes lignes correspondent aux grandeurs à assembler pour reconstituer le nombre de puissance (en alphabet alien ; voir les correspondance page 6 du cahier de laboratoire) ; les colonnes correspondent aux puissances des différentes grandeurs.

Pour reconstituer le nombre de puissance et obtenir la bonne valeur du facteur numérique (qui sera mis à la puissance +1 selon ce qui apparait sur la carte 52), il faut écrire : $N_p = \frac{puissance}{\rho \cdot N^3 \cdot {d_A}^5}$ (cf. carte 77) puis y replacer la puissance par $2\pi \cdot N \cdot couple$ (grâce aux indications de la carte 42 ; sachant que la vitesse angulaire est égale à 2π fois la fréquence de rotation). Il faut ensuite faire apparaître les unités et le cas échéant les facteurs de conversion :

$$N_p\ [-] = \frac{2\pi \cdot \cancel{N} \cdot \frac{couple\ [N\ cm]}{100}}{\rho\ [kg\ m^{-3}] \cdot \left(\frac{N\ [rpm]}{60}\right)^{\cancel{3}2} \cdot (d_A\ [m])^5}$$

Le couple ( ) est donc à la puissance +1 ; le diamètre de l'agitateur ( ) est à la puissance -5 ; la viscosité ( ) n'intervient pas dans le nombre de puissance, elle est donc à la puissance zéro ; la fréquence d'agitation ( ) est à la puissance -2 ; le nombre π ( ) nécessaire à la conversion vitesse angulaire ↔ fréquence d'agitation est à la puissance +1 ; la masse volumique ( ) est à la puissance -1. La bonne carte perforée est par conséquent celle qui conduit à la carte 65. Cette dernière indique qu'une fois le bon choix fait de la valeur numérique sur la carte 32, il faudra ajouter 10 au numéro de la bonne carte.

Le bon facteur numérique est quant à lui égal à 72 ($\frac{2 \cdot (60)^2}{100}$). En ajoutant 10 à 72, on trouve alors la carte 82, qui donne les 30 points du troisième niveau. Le jeu est terminé.

Si on retourne les cartes restantes, elles correspondent normalement toutes à des erreurs ; ou éventuellement des fausses pistes (cartes 28, 35 et38).