

**MATURITA DES SECTIONS BILINGUES  
FRANCO-TCHÈQUES ET FRANCO-SLOVAQUES**

**EXAMEN DE MATURITA BILINGUE**

Année scolaire 2015-2016  
Session de mai 2016

**ÉPREUVE DE PHYSIQUE**  
**Durée : 3h**

---

Le sujet est constitué de cinq exercices indépendants de même importance. Les candidats peuvent donc les résoudre dans l'ordre qui leur convient, en rappelant le numéro de l'exercice et des questions qui s'y rapportent.

Si, au cours de l'épreuve, un candidat repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il le signale dans sa copie et poursuit sa composition en indiquant les raisons des initiatives qu'il est amené à prendre pour cela.

Les correcteurs tiendront compte des qualités de soin, de rédaction et de présentation.

L'utilisation des calculatrices est autorisée dans les conditions prévues par la réglementation.

**Une feuille de papier millimétré est requise pour ce sujet.**

**La feuille de réponse du questionnaire à choix multiples, page 9, est à rendre avec la copie.**

Chaque page x de la copie sera numérotée en bas et à droite « x/n »,  
n étant le nombre total de pages.

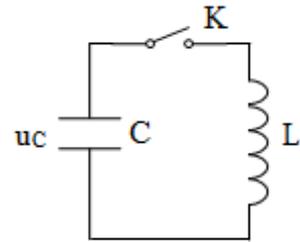
---

**Plan du sujet :**

- |   |                               |
|---|-------------------------------|
| 1. Questions de cours.....                | Les oscillations électriques. |
| 2. Exercice à caractère expérimental..... | Pendule élastique.            |
| 3. Problème.....                          | Datation de séismes.          |
| 4. Etude de document.....                 | Etoiles.                      |
| 5. Questionnaire à choix multiple.....    | Optique.                      |

## Question de cours Les oscillations électriques

On réalise le montage du circuit LC schématisé ci-après.  
Le condensateur de capacité  $C$  est initialement chargé.  
On considère que la résistance totale du circuit est négligeable.



- 1) On ferme l'interrupteur K.  
Quel phénomène physique présente le circuit ?
- 2) L'équation différentielle vérifiée par la tension  $u_C$  dans le circuit après la fermeture de l'interrupteur K en fonction du temps est de la forme :  $\frac{d^2 u_C(t)}{dt^2} + \frac{1}{LC} u_C(t) = 0$ .  
Que représentent les grandeurs  $u_C$  et  $L$  ? Préciser leurs unités.
- 3) La solution de cette équation est de la forme :  $u_C(t) = U_M \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$ .  
Donner la signification de  $\omega_0$  et sa relation avec  $T_0$ .
- 4) Sans considération d'échelle, représenter l'allure de la courbe pour  $u_C$  sur la copie, si  $U_M$  est l'amplitude et  $\varphi_0 = 0$  rad.  
Indiquer l'amplitude et la période sur cette représentation.
- 5) Sur le même graphique, représenter l'intensité en fonction du temps.
- 6) Les courbes sont-elles en phase ? Si non, quelles sont leurs positions l'une par rapport à l'autre ?
  
- 7) Quelle est la transformation d'énergie dans le circuit ?
- 8) Donner l'expression littérale de l'énergie du condensateur et de l'énergie de la bobine.
- 9) Que peut-on dire de l'énergie totale ? Justifier.
- 10) En réalité, la résistance électrique n'est jamais nulle.  
Les oscillations réelles sont-elles différentes des oscillations prévues ? Expliquer.
- 11) Quelle conséquence cela a-t-il d'un point de vue énergétique ?
  
- 12) Quelles sont les différences entre les oscillations libres, les oscillations entretenues et les oscillations forcées ?
- 13) Proposer le schéma du circuit pour observer les oscillations forcées.
- 14) À quelle condition, les courbes représentant la tension aux bornes du condensateur et l'intensité dans le circuit sont-elles en phase ?

## Exercice à caractère expérimental

### Pendule élastique

On dispose d'un ressort de masse négligeable à spires non jointives.  
On se propose de déterminer la raideur  $k$  de ce ressort en utilisant deux méthodes différentes.  
Les parties I et II sont indépendantes.

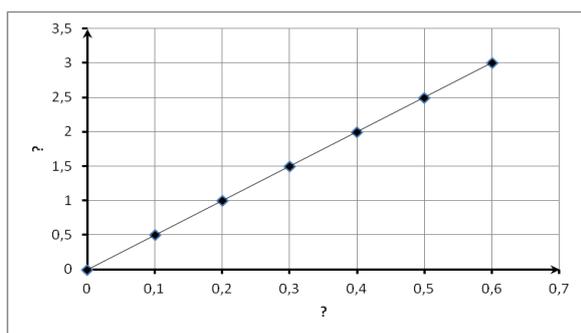
#### Partie I – ressort dynamique.

Dans un manuel de terminale S, on peut lire que la période propre  $T_0$  des oscillations d'une masse  $m$  suspendue à un ressort de constante de raideur  $k$  a pour formule :  $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ .

On dispose d'un chronomètre, d'une boîte de masses marquées et d'un support vertical.  
On accroche une masse  $m$  au ressort vertical, on fait osciller le système masse-ressort et on mesure la période  $T$  des oscillations.

On répète cette manipulation pour différentes valeurs de  $m$ , puis on consigne, avec l'emploi des unités du système international (SI), les valeurs des masses  $m$  choisies et leurs périodes  $T$  correspondantes dans un tableau à deux lignes.

En ajoutant une troisième ligne à ce tableau, on a alors pu tracer la représentation graphique suivante.



- 1) À quelle proposition (a, b, c ou d) correspond la droite obtenue ?
  - a)  $T^2 = f\left(\frac{1}{m}\right)$ ,
  - b)  $T = f\left(\frac{1}{m}\right)$ ,
  - c)  $T^2 = f(m)$ ,
  - d)  $T = f(m)$ .
 (Utiliser la formule pour justifier la réponse.)
- 2) En déduire alors l'équation de la droite tracée avec une constante réelle C.
- 3) À l'aide de C, déterminer la valeur de  $k$ .  
(Rappel : les unités sont SI).

#### Partie II – ressort excité.

On dispose d'un système mécanique d'excitation qui permet d'imposer une fréquence d'oscillation variable  $f$  au pendule élastique.

- 1) On accroche une masse  $m = 60$  g au ressort et on mesure l'amplitude  $a$  des oscillations du pendule pour différentes valeurs de la fréquence  $f$ . On obtient les résultats suivants.

$f$ (Hz)	1,1	1,4	1,5	1,6	1,7	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,5
$a$ (cm)	2,3	4,2	5,5	7,0	9,1	9,8	8,9	7,3	5,8	5,0	3,4

- a) Tracer la courbe donnant les variations de l'amplitude  $a$  en fonction de la fréquence  $f$ .
- b) Que remarque-t-on sur l'évolution de l'amplitude  $a$  des oscillations avec  $f$  ?
- c) Quel est le nom du phénomène physique mis en évidence ici ?
- 2) a) Qu'appelle-t-on *fréquence propre* d'un oscillateur ?
- b) Peut-on lire sa valeur sur le graphique tracé à la question 1) a) de la partie II ? Justifier.
- 3) Un élève prend 1,9 Hz pour valeur de la fréquence propre.  
En déduire la valeur de  $k$  correspondante.
- 4) Le constructeur indique la valeur de  $k = 8,0 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$ . Compte tenu des conditions expérimentales, on tolère une erreur de 5 %. Le résultat est-il satisfaisant ?
- 5) Que devrait-on faire pour obtenir une valeur plus précise de la fréquence propre ?

## Problème Datation de séismes

### Données :

numéros atomiques :  $Z(\text{Be}) = 4$ ,  $Z(\text{B}) = 5$ ,  $Z(\text{C}) = 6$ ,  $Z(\text{N}) = 7$ ,  $Z(\text{O}) = 8$ ;

célérité de la lumière dans le vide:  $c = 2,998 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

le temps de demi-vie de l'isotope du carbone  $^{14}\text{C}$  est  $5,70 \cdot 10^3$  ans.

$1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

masses de quelques particules:

particule	proton	neutron	électron	noyau $^{14}\text{C}$	noyau $^{14}\text{N}$
masse (en kg)	$1,673 \cdot 10^{-27}$	$1,675 \cdot 10^{-27}$	$9,109 \cdot 10^{-31}$	$2,326 \cdot 10^{-26}$	$2,325 \cdot 10^{-26}$

La radioactivité se manifeste dans tout l'Univers. On peut utiliser les éléments radioactifs comme des horloges. On se propose ici de déterminer les dates de tremblements de terre qui se sont produits au cours des siècles à proximité de la faille de San Andreas en Californie.

### 1) Radioactivité naturelle du carbone.

- Donner la composition des noyaux atomiques suivants  $^{12}_6\text{C}$  et  $^{14}_6\text{C}$ .
- Quelle est la différence entre ces noyaux ? Comment les appelle-t-on ?
- Le carbone  $^{14}\text{C}$  est un noyau radioactif émetteur  $\beta^-$ .

Écrire l'équation de la réaction nucléaire en donnant les noms des particules émises ainsi que les lois de conservation. On admet que le noyau fils n'est pas obtenu dans un état excité.

- Calculer l'énergie de liaison, en joules, du carbone  $^{14}\text{C}$ .
- En déduire l'énergie de liaison par nucléon du carbone  $^{14}\text{C}$ .
- Calculer l'énergie libérée par la réaction de la question c), en joules et en MeV.

### 2) Datation par le carbone $^{14}\text{C}$ .

- On note  $N(t)$  le nombre de noyaux radioactifs d'atomes de « carbone 14 » à un instant de date  $t$  pour un échantillon et  $N_0$  le nombre de noyaux radioactifs à un instant pris comme origine des dates ( $t_0 = 0$  s) pour ce même échantillon. On note  $\lambda$  la constante radioactive.

Formuler la loi de décroissance radioactive.

- Définir le temps de demi-vie ou la période d'un échantillon radioactif.
- Donner l'expression littérale de la constante radioactive, puis en déduire sa valeur.
- L'activité  $A(t)$  d'un échantillon radioactif à l'instant  $t$  est donnée par l'expression :

$$A(t) = \lambda \cdot N(t)$$

Définir ce qu'est cette activité et donner son unité dans le système international.

### 3) La faille de San Andreas.

En 1989, à proximité de la faille de San Andreas en Californie, on a prélevé des échantillons de même masse de végétaux identiques qui datent d'anciens séismes. On a mesuré l'activité de chacun d'eux. On admet que cette activité est due uniquement à la présence de  $^{14}\text{C}$ .

Echantillons numéro	1	2	3
activités de l'échantillon (SI)	0,233	0,215	0,223

- L'activité d'un échantillon de même végétal vivant et de même masse est :  $A_0 = 0,255$  SI. On note  $t$  la durée qui s'est écoulée entre l'instant de date  $t_0 = 0$  s du séisme et l'instant de la mesure. Déterminer la valeur  $t_3$  de la date correspondant à l'échantillon numéro 3.
- En déduire l'année au cours de laquelle a eu lieu le séisme qui correspond à l'échantillon numéro 3 étudié en 1989.
- Pour les échantillons 1 et 2, on propose les années 586 et 1247. Attribuer, à chaque échantillon, l'année qui lui correspond. Justifier sans calcul.

## Etude de documents

### Etoiles

**C'est quoi ?** Un astre sphérique constitué de gaz chauds, agglomérés par la gravitation. Il doit être suffisamment massif pour déclencher en son sein, à un moment de son existence, une réaction de fusion nucléaire produisant un rayonnement.

**Pourquoi les étoiles brillent-elles ?** Les étoiles brillent car les gaz qui forment leur surface émettent de la lumière, comme d'ailleurs tous les corps chauffés ! Dans le cas précis des étoiles, cette chaleur (des dizaines de millions de degrés) est due à l'énorme pression (des centaines de milliards de bars) que fait régner la gravité au cœur de ces astres massifs. Les noyaux des atomes d'hydrogène (ce corps constitue 70 % de la masse solaire) des étoiles, qui normalement se repoussent – ils sont chargés positivement – sont ici soumis à des conditions telles qu'ils fusionnent, formant des noyaux d'hélium. Au cours de cette réaction appelée fusion « thermonucléaire », les noyaux d'hydrogène, formés d'un unique proton, convertissent une partie de leur masse en une colossale quantité d'énergie : c'est cette « chaudière » naturelle qui fait briller l'étoile. Dans le cas du Soleil, elle consomme pas moins de 600 millions de tonnes d'hydrogène par seconde...

**Quand le Soleil mourra-t-il ?** Agé de 4,5 milliards d'années, le Soleil atteint aujourd'hui sa maturité. Mais dans 7,5 milliards d'années, ses réserves de « combustible » hydrogène commenceront à s'épuiser. L'agonie sera alors rapide : 200 millions d'années. Faute d'hydrogène à brûler pour maintenir son équilibre, le cœur solaire s'effondrera sur lui-même sous l'effet de la gravité, augmentant sa température au point d'allumer un nouveau cycle de fusion très énergétique basé sur l'hélium. La chaleur produite dilatera les couches externes : le Soleil deviendra une géante rouge, engloutissant peut-être la Terre. Puis l'hélium consommé, le cœur se contractera de nouveau, à tel point que les électrons se heurteront, dans une ultime explosion. Les couches externes du Soleil seront éjectées dans l'espace. Et les restes du cœur s'effondreront sur eux-mêmes pour former une naine blanche : la masse de notre étoile tiendra dans le même volume que la Terre ! Ce sera la mort du Soleil.

**Quelle est l'étoile la plus proche de nous ?** A part le Soleil, c'est Proxima, une étoile distante de 4,22 années-lumière de la Terre, soit 40 milliards de kilomètres. Située dans le Centaure, constellation australe, Proxima est une naine rouge, minuscule étoile froide, invisible à l'œil nu : pas très encourageant pour que la vie apparaisse. Il n'en va pas de même pour sa voisine Alpha du Centaure A. Eloignée de nous de 4,35 années-lumière (41 milliards de km), Alpha du Centaure A semble une copie conforme du Soleil. Certes, les premières observations ne mentionnent pas de planètes gazeuses en orbite. Mais les planètes telluriques, comme la Terre, ne sont pas exclues ! Ce qui fait d'Alpha du Centaure A une destination intéressante pour aller chercher d'autres formes de vie. Problème : même à 3 % de la vitesse de la lumière (soit à 9000 km/s), le voyage durerait cent quarante ans...

(par Pierre Grumberg paru dans Sciences et vie N°1031 août 2003)

**6 points seront attribués à la qualité de l'expression, de la syntaxe et de l'orthographe.**

#### Questions :

- 1) Quels sont les 2 phénomènes capables d'augmenter la température du Soleil et des étoiles ?
- 2) Comment cette chaleur est-elle dissipée ?
- 3) Quelle est l'espérance de vie du Soleil ? (A quel âge mourra-t-il ?)
- 4) Recopier la phrase du texte qui « explique » la relation d'Einstein :  $E = mc^2$ .
- 5) Quelle est l'étoile la plus proche de nous ?
- 6) Quelle est l'étoile la plus proche du Soleil ?
- 7) a) Sachant qu'une année-lumière mesure  $9,46 \cdot 10^{12}$  km, calculer, en kilomètres, la distance qui nous sépare de Alpha du Centaure A.  
b) La distance, donnée entre parenthèses dans le texte, est-elle dans une marge d'erreur acceptable ? Justifier la réponse.
- 8) Calculer la vitesse de la lumière à partir des données du texte.

## Questionnaire à choix multiples Optique

Les questions qui suivent n'admettent **qu'une seule réponse correcte**. Aucune justification n'est demandée. Parmi les propositions, référencées a, b, c et d, **cocher l'unique bonne réponse dans la grille fournie page 9**. Cette grille devra rester anonyme et être agrafée avec votre copie. Il n'y a pas de points négatifs pour les mauvaises réponses.

Exemple : 0- Albert Einstein était: a) un chanteur de jazz  
b) un peintre  
c) un physicien  
d) un dentiste

Ecrire, comme dans l'exemple suivant, sur la copie prévue à cet effet page 9 :

0-	a b c d
	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

En cas d'erreur, barrer les 4 cases et noter à côté la bonne réponse, comme dans l'exemple suivant :

0-	a b c d
	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

 0c

- 1) Un rayon lumineux X tombe sur une lentille mince (voir figure 1 ci-dessous). La lentille est placée dans l'air.

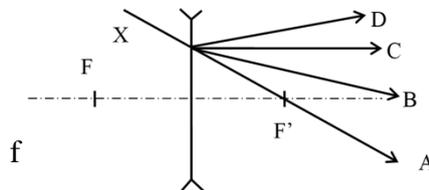


fig. 1

Lequel des rayons sur la figure 1 est issu du rayon X après que celui-ci a traversé la lentille divergente?

- a) Le rayon A,
  - b) Le rayon B,
  - c) Le rayon C,
  - d) Le rayon D.
- 2) Une lentille convergente est retournée (la face d'entrée devient face de sortie).
- a) Elle reste convergente.
  - b) Elle devient divergente.
  - c) Elle devient plus opaque.
  - d) On ne peut pas répondre.

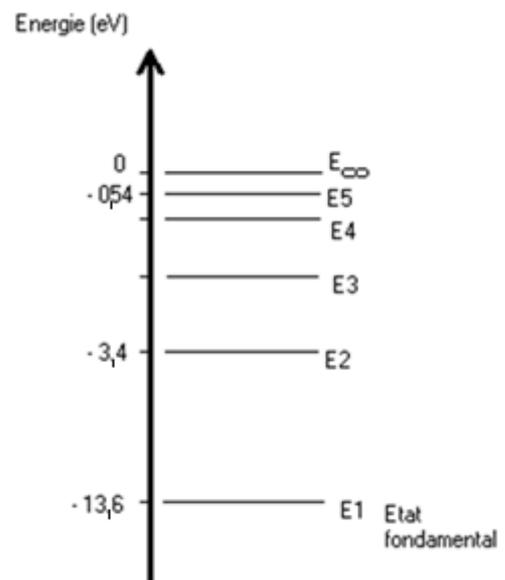
- 3) Une lentille de verre convergente, biconvexe et d'indice  $n = 1,5$  a pour distance focale 20 cm. À quelle distance de la lentille se crée l'image, si la distance entre l'objet et le centre optique de la lentille est de 30 cm?
- 15 cm,
  - 20 cm,
  - 30 cm,
  - 60 cm.
- 4) On forme une image à l'aide d'une lentille convergente de focale  $f'$ . Le grandissement vaut  $-1$ . La distance objet-image est alors égale à :
- $0,5f'$ ,
  - $f'$ ,
  - $2f'$ ,
  - $4f'$ .
- 5) Il fait nuit dehors, je suis dans une pièce éclairée et je me vois à travers une vitre donnant vers l'extérieur. En effet,
- la vitre ne laisse pas passer la lumière extérieure quand il fait nuit,
  - la vitre réfléchit une partie de la lumière,
  - la vitre n'est plus transparente la nuit,
  - le noir nocturne réfléchit la lumière.
- 6) On essaie de regarder l'objet AB à travers d'une loupe. L'image de l'objet AB situé par rapport à la loupe à une distance plus grande que sa distance focale est :
- virtuelle droite,
  - virtuelle renversée,
  - réelle droite,
  - réelle renversée.
- 7) Un rayon lumineux, perpendiculaire au dioptre, arrive sur le point d'incidence. L'angle de réfraction a une mesure qui :
- vaut  $0^\circ$ ,
  - est complémentaire à celle de l'angle d'incidence,
  - vaut  $90^\circ$ ,
  - n'existe pas.
- 8) Si un rayon lumineux pénètre dans un milieu moins réfringent (c'est-à-dire dans un milieu avec un indice plus petit) avec un angle d'incidence  $i$ , on peut dire que :
- le rayon réfléchi est anéanti,
  - le rayon réfracté existe toujours, variant de  $0^\circ$  à  $90^\circ$ ,
  - le rayon réfracté n'existe plus si l'angle  $i$  dépasse une valeur limite,
  - le rayon réfracté existe toujours, mais atteint une valeur limite.
- 9) L'image obtenue à travers un spectroscopie s'appelle :
- un miracle,
  - un réseau,
  - un reflet spectroscopique,
  - un spectre.

- 10) Lors d'une expérience sur la diffraction de la lumière sur un fil mince, on observe que :
- la diffraction est d'autant plus grande que le diamètre du fil utilisé est plus petit,
  - la diffraction n'a pas lieu si le fil n'est pas vertical,
  - la diffraction se produit dans la direction parallèle au fil,
  - la diffraction est plus grande si le fil est plus fort.
- 11) Une onde de lumière blanche arrive perpendiculairement sur un réseau optique avec un pas de  $4,0 \mu\text{m}$ . Quel est le nombre de traits par millimètre de ce réseau ?
- $250 \text{ traits}\cdot\text{mm}^{-1}$ ,
  - $300 \text{ traits}\cdot\text{mm}^{-1}$ ,
  - $350 \text{ traits}\cdot\text{mm}^{-1}$ ,
  - $400 \text{ traits}\cdot\text{mm}^{-1}$ .
- 12) Quelle est la distance du maximum d'interférence du premier ordre pour la couleur bleue de longueur d'onde  $480 \text{ nm}$ , si le réseau de la question 11) est placé à  $2,8 \text{ m}$  par rapport à l'écran ?
- $0,34 \text{ m}$ ,
  - $0,67 \text{ m}$ ,
  - $220 \text{ mm}$ ,
  - $280 \text{ mm}$ .

- 13) Les affirmations suivantes décrivent la création de la lumière au niveau d'un atome.

Trouver la phrase correcte.

- Un atome émet une lumière visible seulement lorsqu'il revient de l'état excité à l'état fondamental.
- Un atome émet une lumière visible seulement lorsqu'il revient de l'état fondamental à l'état excité.
- Un atome émet une lumière visible seulement au cours de son ionisation.
- Un atome n'émet pas de lumière que s'il est radioactif.



- 14) Pour un atome d'hydrogène, nous pouvons calculer les énergies qui correspondent aux

états différents de l'atome par la relation :  $E_n = -\frac{E_0}{n^2}$ .

La valeur de  $E_0 = 13,6 \text{ eV}$  correspond :

- à l'état fondamental,
  - au premier état excité,
  - à l'état ionisé,
  - à l'énergie d'ionisation de l'atome à l'état fondamental.
- 15) Sachant que les niveaux d'énergies d'un atome d'hydrogène sont distribués selon le diagramme suivant, choisir l'affirmation correcte.
- Tout photon transportant une énergie de  $3,4 \text{ eV}$  permet à l'atome de passer de l'état fondamental à l'état excité.
  - Le photon caractérisé par l'énergie de  $13,6 \text{ eV}$  ne peut pas être absorbé par l'atome.
  - Une radiation de  $10,2 \text{ eV}$  est capable d'ioniser l'atome à l'état fondamental.
  - Un photon de  $2,86 \text{ eV}$  peut être absorbé par l'atome.

**Questionnaire à choix multiples**  
**Optique**

1-	a b c d <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
2-	a b c d <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
3-	a b c d <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
4-	a b c d <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
5-	a b c d <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
6-	a b c d <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
7-	a b c d <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
8-	a b c d <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
9-	a b c d <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
10-	a b c d <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
11-	a b c d <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
12-	a b c d <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
13-	a b c d <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
14-	a b c d <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
15-	a b c d <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>