

Table des matières

Avant-propos à la 3^e édition	5
--	---

Introduction	9
---------------------	---

1. Quels sont les liens entre les sciences, les technologies et la société ?	10
2. Quelles sont les catégories principales de problèmes scientifiques vis-à-vis de leurs implications pour la société ?	10
3. Comment les scientifiques réagissent-ils par rapport à la place de la science dans la société ?	12
4. Quels sont les liens entre sciences fondamentales, sciences appliquées et technologies ?	14

Chapitre 1 Les énergies	17
--------------------------------	----

Introduction	18
---------------------	----

5. Pourquoi l'énergie est-elle nécessaire dans notre civilisation occidentale ?	18
6. Quelles sont les principales questions qui se posent à notre société concernant le problème de l'énergie ?	19
7. Quels sont les principaux types d'énergie disponibles ?	21
8. Quelles sont les principales utilisations actuelles des énergies ?	22
9. Quelles seront les parts des différents types d'énergie vers 2050 ?	23

Les énergies fossiles	25
------------------------------	----

10. Quelle quantité de carbone y a-t-il sur Terre ?	25
11. Que sont les réserves d'énergies fossiles ?	26
12. Quelles sont les réserves estimées d'énergies fossiles ?	27
13. Qu'est-ce que le « pic du pétrole » ?	27



L'énergie solaire	29
14. Quelle est la quantité d'énergie fournie par le Soleil au niveau de la Terre ?	29
15. Qu'est-ce qui régit le rendement des transformations d'énergie ?	30
16. Quels sont les rendements des diverses transformations d'énergie ?	31
L'énergie photovoltaïque	33
17. Quel est le principe de fonctionnement des cellules photovoltaïques ?	33
18. Quel est le rendement de transformation d'énergie lumineuse en énergie électrique des cellules photovoltaïques ?	35
19. En Europe, quelle aire de cellules photovoltaïques serait-elle nécessaire pour fournir une puissance électrique moyenne de 1 kW ?	37
20. Quelle serait l'aire du parc de cellules photovoltaïques nécessaire pour alimenter l'Union européenne en électricité par cette seule énergie ?	37
21. Le photovoltaïque est-il plus utile dans les pays en voie de développement qu'en Europe ?	38
22. Quels sont les problèmes du développement de l'énergie photovoltaïque ?	38
23. Quelle est la quantité actuelle d'énergie fournie par l'énergie photovoltaïque ?	39
Énergie solaire thermique	40
24. Quel est le principe de fonctionnement du chauffe-eau solaire ?	40
25. Dans nos régions, combien d'énergie peut-on espérer récupérer par an par m ² de panneau solaire ?	41
26. Dans le nord de la France et en Belgique, quelle aire de panneaux solaires est-elle nécessaire pour fournir l'énergie de la moitié de l'eau chaude sanitaire d'une famille ?	42
Énergie éolienne	43
27. Qu'est-ce que l'énergie éolienne ?	43

28. Quel est le principe des éoliennes ?	43
29. Quelles sont les quantités d'énergie éolienne disponibles ?	45
30. Quels sont les avantages de l'énergie éolienne ?	46
31. Comment peut-on évaluer la puissance fournie par une éolienne ?	47
32. Quelle est la puissance réellement fournie par une éolienne ?	48

Énergie hydroélectrique 50

33. Quel est le principe de fonctionnement des centrales hydroélectriques ?	50
34. Quel est l'état actuel du développement de l'énergie hydroélectrique ?	51

La biomasse 54

35. Qu'est-ce que la biomasse ?	54
36. Quelles sont les possibilités de la biomasse ?	55
37. Quelle superficie faudrait-il pour satisfaire les besoins énergétiques de l'Union européenne par la biomasse ?	56
38. Qu'entend-on par biocarburants de première, deuxième et troisième générations ?	57
39. Combien de litres de biocarburants sont-ils produits par ha de culture ?	58
40. Quels sont les problèmes liés à la valorisation énergétique de la biomasse ?	59

Énergie de fission nucléaire 61

41. Comment appréhender la question nucléaire ?	61
42. Quel est le principe de la fission nucléaire ?	62
43. De quoi est constitué un réacteur nucléaire ?	63
44. Quel est le rendement énergétique d'une centrale nucléaire ?	64
45. Quel est le bilan énergétique et nucléaire d'une centrale nucléaire ?	64
46. Qu'est-ce que le MOX ?	65
47. Quelles sont les catégories de déchets nucléaires ?	65
48. Qu'est-ce que le cycle du combustible nucléaire ?	66
49. Quelles sont les solutions possibles pour se débarrasser des déchets nucléaires de haute activité ?	68
50. Quels sont les risques d'accidents nucléaires ?	68

51. Quels sont les liens entre le nucléaire civil et le nucléaire militaire ? 69
52. Combien d'éoliennes, de cellules photovoltaïques sont-elles nécessaires pour fournir la même quantité d'électricité qu'une centrale nucléaire de 1 GW ? 70

L'énergie de fusion nucléaire 71

53. Qu'est-ce que l'énergie thermonucléaire ou de fusion nucléaire ? 71
54. Quelles sont les conditions requises pour obtenir la fusion nucléaire contrôlée ? 72
55. Qu'est-ce que la fusion nucléaire par confinement inertiel ? 74
56. Qu'est-ce que la fusion nucléaire par confinement magnétique ? 75
57. Quels sont les principaux obstacles à la réalisation de réacteurs de fusion nucléaire ? 75

Utilisation rationnelle de l'énergie 79

58. En quoi consiste l'utilisation rationnelle de l'énergie ? 79
59. Quelles sont les possibilités de l'utilisation rationnelle de l'énergie ? 80

Stockage de l'énergie 82

60. Quels sont les moyens de stockage d'énergie ? 82
61. Quels sont les types de stockage thermique de l'énergie ? 82
62. En quoi consiste le stockage par chaleur sensible ? 82
63. En quoi consiste le stockage par chaleur latente ? 83
64. En quoi consiste le stockage chimique ? 84
65. Quelles sont les possibilités du stockage électrique ? 85
66. Quelle quantité d'énergie peut-on stocker dans une batterie au plomb ? 85

Les risques technologiques 87

67. Quels sont les risques des sources d'énergie ? 87
68. Comment comparer les risques liés à diverses sources d'énergie ? 88

69. Le fait d'inclure les catastrophes nucléaires modifie-t-il le classement des risques des différentes centrales énergétiques? 92

Énergie et environnement 93

70. Quel est l'effet direct de la production énergétique de l'humanité sur le réchauffement climatique? 93
71. Quelle énergie est-elle nécessaire à la fabrication de divers éléments de notre vie quotidienne? 94

Émission, piégeage et stockage du CO₂ 95

72. Quelles sont les principales sources de CO₂ dues à l'activité humaine dans le monde? 95
73. Quelle est la quantité de CO₂ émise par seconde par une centrale thermique électrique (TGV) de $P_{el} = 300$ MW, dont on suppose que le rendement énergétique est de $R_t = 40$ %? 96
74. Quelles sont les méthodes de piégeage du CO₂? 97
75. Quelles sont les méthodes de stockage du CO₂? 97
76. Quelle est la masse de CaCO₃ ou de MgCO₃ solides à évacuer par an d'une centrale thermique de 300 MW? Combien de camions (charge utile de 40 t) seraient-ils nécessaires? 99
77. D'après différents scénarios, le potentiel de piégeage de CO₂ est estimé à 9–12 % des émissions mondiales en 2020. En supposant que les émissions seront alors de 15 Gt par an, quels seront les volumes correspondants de CO₂ gazeux (conditions standard) ou stockés sous forme de MgCO₃? 99

Chapitre 2 Le transport 101

78. Quels sont les problèmes liés à l'énergie de la voiture et des transports? 102

Énergétique de la voiture à moteur à combustion 103

79. Quelle énergie est fournie par la combustion d'un litre d'essence? 103

80. Quelle est la quantité de CO ₂ émise par une voiture à essence ou au diesel ?	103
81. Quelle énergie dépense une automobile moyenne pour parcourir cent kilomètres ?	104
82. Quelle est la puissance dissipée par une voiture roulant à vitesse constante sur une route horizontale ?	104
83. Comment varie la puissance dissipée par une voiture roulant à vitesse constante, en fonction de l'inclinaison de la route ?	105
84. La puissance nominale des voitures est beaucoup plus importante que ce qui serait nécessaire pour atteindre les vitesses maximales permises sur autoroutes. À quoi sert cette puissance supplémentaire ?	106
85. Quel est le rendement énergétique d'une voiture moyenne à moteur à essence roulant à 90 km/h ? Et à 120 km/h ?	107
Les biocarburants	108
86. Quelle est la superficie cultivée nécessaire pour obtenir 1 000 litres de biocarburant liquide ?	108
87. Si le parc automobile de l'Union européenne était alimenté uniquement par des biocarburants, quelle serait la superficie de biomasse nécessaire ?	109
La voiture électrique	110
88. Qu'est-ce qu'une voiture électrique ?	110
89. Quels sont les types principaux de voitures électriques ?	111
90. Quelle est l'énergie minimale dépensée par une voiture électrique pour parcourir 100 km à une vitesse constante de 90 km/h ?	111
91. Les constructeurs de voitures électriques conçoivent que chaque propriétaire pourra recharger les batteries à domicile, via une simple prise de 230 V, 16 A. Dans ces conditions, combien de temps faudra-t-il pour recharger la voiture étudiée à la question 90, avec une autonomie de 100 km ?	112
Les batteries	113
92. Quels sont les types de batteries envisageables pour alimenter une voiture électrique ?	113

93. Comment fonctionne une batterie au plomb ?	113
94. Quelle est la quantité d'énergie électrique stockable par kilogramme de batterie au plomb ?	114
95. Quelle serait la masse de batteries au plomb nécessaire à une voiture électrique moyenne circulant à 90 km/h, avec une autonomie de 100 km ?	117
96. Comment fonctionne une batterie au nickel-cadmium ?	118
97. Quelle est la quantité d'énergie électrique stockable par kilogramme de batterie au nickel-cadmium ?	118
98. Quelle serait la masse de batteries au nickel-cadmium nécessaire à une voiture électrique moyenne circulant à 90 km/h, avec une autonomie de 100 km ?	120
99. Quelles sont les performances d'autres types de batteries ?	121

Les piles à combustible 122

100. Qu'est-ce qu'une pile à combustible ?	122
101. Quels sont les types de piles à combustible ?	123
102. Quelle est la quantité d'énergie fournie par mole (et kilogramme) d'hydrogène dans une pile à combustible ?	124
103. Quel est le rendement thermodynamique des piles à combustible ?	125
104. Quelle serait la consommation d'hydrogène d'une voiture électrique moyenne circulant à 90 km /h sur une distance de 100 km ?	126
105. En supposant que l'hydrogène soit stocké dans des bonbonnes, sous une pression $p = 7 \times 10^7$ Pa, quel serait le volume d'hydrogène nécessaire pour une autonomie de 100 km dans les conditions précédentes (Valeur donnée par les constructeurs) ?	127
106. Quelles sont les autres méthodes envisagées pour le stockage de l'hydrogène dans les véhicules ?	128
107. Comment stocker l'hydrogène sous forme d'hydrure ?	128
108. Comment peut-on produire de l'hydrogène par décomposition de l'ammoniac ?	129
109. En quoi consiste le stockage par adsorption sur des nanotubes de carbone ?	130
110. Quelle est la quantité théorique d'énergie nécessaire pour fabriquer 1 mole (et 1 kilogramme) d'hydrogène par réaction de reformage du méthane ?	131

111. Quelle est la quantité théorique d'énergie nécessaire pour fabriquer 1 mole (et 1 kilogramme) d'hydrogène par réaction de reformage du méthanol? 132
112. Quelle est la quantité d'énergie électrique nécessaire pour fabriquer 1 mole (et 1 kilogramme) d'hydrogène par électrolyse de l'eau? 133

Centrales électriques 134

113. À quoi sont destinés les véhicules électriques? 134
114. Si le parc automobile actuel de l'Union européenne était remplacé par des voitures électriques avec batteries, combien de centrales électriques seraient-elles nécessaires pour l'alimenter? 134
115. En considérant le cycle total de l'énergie, la voiture électrique avec batteries est-elle plus ou moins énergivore que la voiture à essence? 135
116. Si le parc automobile actuel de l'Union européenne était remplacé par des voitures avec piles à hydrogène, combien de centrales électriques seraient-elles nécessaires pour l'alimenter? 136
117. Si le parc automobile actuel de l'Union européenne était remplacé par des voitures avec piles à hydrogène, combien d'éoliennes ou de cellules photovoltaïques seraient-elles nécessaires pour l'alimenter? 137
118. Si le parc automobile actuel de l'Union européenne était remplacé par des voitures avec piles à hydrogène, quelle serait la consommation annuelle de gaz naturel nécessaire pour l'alimenter? 137
119. Quelle est la situation actuelle et future des véhicules électriques? 138

La voiture solaire 140

120. La voiture solaire est-elle une solution réaliste? 140

Autres voitures 142

121. Quelle est la puissance du compresseur domestique devant fournir de l'air comprimé à une voiture à air comprimé, avec une autonomie de 100 km à 90 km/h, sachant que la compression prend 2 h? 142

Énergétique de la construction automobile	143
122. Quelle quantité d'énergie est-elle nécessaire pour la fabrication d'une automobile moyenne ?	143
123. Si une automobile avait une durée de vie moyenne de cinq ans, de combien d'énergie aurait-on besoin, par an, pour fabriquer le parc automobile de l'Union européenne ?	144
124. Si l'énergie était fournie par des centrales électriques, combien de centrales seraient-elles nécessaires pour fabriquer le parc automobile de l'Union européenne ?	144
125. Si la durée de vie des automobiles doublait, comment varierait l'énergie nécessaire à la fabrication automobile de l'Union européenne ?	145
126. Si la durée de vie des automobiles doublait, comment varierait le nombre de centrales électriques nécessaires à la fabrication automobile de l'Union européenne ?	145
127. Sachant que, selon certaines estimations, un recyclage adéquat des matériaux permettrait d'économiser un tiers de l'énergie nécessaire à la fabrication des automobiles, combien de centrales électriques seraient-elles nécessaires pour l'Union européenne ?	146
Le train	147
128. Quelle est la puissance nécessaire pour déplacer un TGV à une vitesse de 300 km/h ?	147
129. Quelle est l'énergie consommée par un TGV pour parcourir 100 km ?	147
130. Sachant qu'un <i>Thalys</i> peut transporter 377 passagers, quelle énergie par passager est-elle nécessaire pour parcourir 100 km ?	148
131. En tenant compte de la chaîne énergétique, de l'énergie primaire au TGV, le TGV est-il plus ou moins énérgivore (par passager) que la voiture ?	148
L'avion	150
132. Quelle est l'énergie dépensée par un <i>Airbus A-310</i> pour parcourir 100 km ?	150

133. Sachant qu'un *Airbus A-310* peut transporter 246 passagers, quelle énergie par passager est-elle nécessaire pour parcourir 100 km ? 150
134. En tenant compte de la chaîne énergétique, de l'énergie primaire à l'énergie consommée, l'avion est-il plus ou moins énergivore (par passager) que la voiture ? Et que le TGV ? 151

Les transports et l'environnement 152

135. Quelle est la quantité de CO₂ émise chaque année dans l'atmosphère par les transports ? 152
136. Quelle est la quantité de gaz à effet de serre (CO₂) émise lors du transport des aliments ? 152
137. Quelle est l'émission de CO₂ due au transport de haricots du Kenya vers l'Europe ? 154
138. Quelle est l'émission de CO₂ due au transport d'une pomme de Nouvelle Zélande vers l'Europe ? 154

Chapitre 3 Le bâtiment 157

Le chauffage 158

139. Comment peut-on évaluer les caractéristiques thermiques d'un bâtiment ? 158
140. Quelles sont les conditions à remplir pour une utilisation rationnelle de l'énergie thermique d'un bâtiment en hiver ? 159
141. Quelles sont les conditions à remplir pour une utilisation rationnelle de l'énergie thermique d'un bâtiment en été ? 160
142. Quel est le rôle du thermostat ? 160
143. Quelles sont les sources de chaleur dans un bâtiment de bureaux ? 161
144. Quelle est la quantité de chaleur dégagée par un être humain ? 162
145. Quelles sont les sources de pertes de chaleur dans un bâtiment ? 162
146. En hiver, comment varie la consommation d'énergie d'un bâtiment de bureaux lorsque la température extérieure varie ? 164

147. En hiver, comment varie la consommation d'énergie d'un bâtiment de bureaux en fonction de son isolation thermique ? 164
148. En quoi le bilan thermique d'une maison familiale est-il différent de celui d'un immeuble de bureaux ? 165
149. En fonction de l'isolation thermique, comment varie la consommation d'énergie d'une maison familiale en hiver ? 166
150. Comment se comparent la consommation d'énergie, en hiver, d'une maison quatre façades et celle d'une maison deux façades ? 167
151. Combien d'énergie peut-on économiser lorsqu'on utilise l'énergie solaire entrant au travers des vitrages (effet de serre) si la maison est bien ou très bien isolée ? 168
152. En quoi la domotique est-elle utile pour effectuer des économies d'énergie ? 169

Vitrages isolants et colorés 170

153. Quels sont les rôles du verre dans les habitations ? 170
154. Quel est le principe d'action des verres à couches ? 171
155. Quelles sont les caractéristiques lumineuses et énergétiques des vitrages ? 174
156. Qu'est-ce qui différencie un vitrage adapté au climat chaud de celui adapté au climat froid ? 175
157. Quel est le principe du verre à couches coloré ? 176

Sécurité et surveillance 178

158. Quels sont les principaux types de détecteurs permettant de repérer une présence dans l'obscurité ? 178
159. Quelle est la nature du rayonnement émis naturellement par le corps humain et son environnement ? 178
160. Dans l'infrarouge, comment distinguer le corps humain de son environnement ? 179
161. Comment mesurer les pertes thermiques d'un bâtiment ? 180

Le four à micro-ondes 181

162. Quel est le principe du four à micro-ondes ? 181
163. Pourquoi y a-t-il des endroits plus froids que d'autres dans un plat chauffé dans un four à micro-ondes ? 182

164. Pourquoi un four à micro-ondes est-il plus «écologique» qu'un four traditionnel?	183
---	-----

Chapitre 4 Les technologies de l'information et de la communication 185

Les origines 186

165. Quelles sont les origines des TIC?	186
166. Quels sont les éléments des systèmes d'information et de communication?	187
167. De quoi sont matériellement constitués les systèmes d'information et de communication?	188

Les ordinateurs 190

168. Qu'est-ce qu'un ordinateur?	190
169. De quoi sont constituées les machines intelligentes?	190
170. En quoi un ordinateur est-il une machine intelligente?	191
171. Quels sont les éléments d'un ordinateur?	192
172. Quelle est la consommation électrique d'un ordinateur?	193

La vie des ordinateurs 194

173. Comment fabrique-t-on un ordinateur?	194
174. Pourquoi la fabrication d'un ordinateur requiert-elle de nombreuses étapes?	194
175. Quelle est l'évolution prévue de la taille minimum des éléments des ordinateurs?	196
176. Comment parvient-on à dessiner les éléments d'un ordinateur un grand nombre de fois?	196
177. Quels sont les principaux produits chimiques utilisés pour la fabrication des puces électroniques?	197
178. Comment pourrait-on réduire la quantité de produits chimiques nécessaires à la fabrication des puces électroniques?	197
179. Quelle est la quantité d'énergie nécessaire à la fabrication d'un ordinateur?	198
180. Quelle est la composition moyenne d'un ordinateur et de ses accessoires?	199

181. Pourquoi le recyclage d'un ordinateur est-il difficile? 199
182. Comment se comparent les bilans écologiques des ordinateurs et des machines à écrire? 200

Capacités de stockage 201

183. Quel est le langage utilisé par les ordinateurs? 201
184. Que fait-on lorsqu'on appuie sur une touche du clavier d'un ordinateur? 201
185. De quelle capacité de mémoires d'ordinateur a-t-on besoin pour stocker une page de texte? 202
186. De quelle capacité de mémoires d'ordinateur a-t-on besoin pour stocker une seconde de son? 202
187. De quelle capacité de mémoires d'ordinateur a-t-on besoin pour stocker une image? 202
188. Qu'est-ce que la compression d'images? 203
189. De quelle capacité de mémoires d'ordinateur a-t-on besoin pour stocker un film commercial moyen? 203
190. Combien de pages de texte, d'images, de secondes de son et de film peut-on stocker sur un CD-ROM? 204
191. Combien de pages de texte, d'images, de secondes de son et de film peut-on stocker sur un DVD? 204
192. Qu'est-ce que la mémoire Flash? 204
193. Quelle est la capacité de stockage d'une clé USB à mémoire Flash? 205

Le réseau Internet 206

194. Qu'est-ce que le réseau *Internet*? 206
195. Quelles sont les vitesses de transfert sur *Internet*? 207
196. Comment peut-on évaluer le temps de transfert d'une page de texte par le réseau *Internet*? 207
197. Comment peut-on évaluer le temps de transfert d'une seconde de son par le réseau *Internet*? 207
198. Comment peut-on évaluer le temps de transfert d'une image par le réseau *Internet*? 207
199. Comment peut-on évaluer le temps de transfert d'un document filmé par le réseau *Internet*? 208
200. Quels sont les moyens physiques utilisés pour transmettre l'information par le réseau *Internet*? 208

Les fibres optiques	209
201. Quels sont les avantages des fibres optiques par rapport aux fils métalliques pour la transmission de l'information ?	209
202. Quel est le principe de la transmission de l'information par fibres optiques ?	209
203. Comment sont constituées les fibres optiques ?	210
204. Quelles sont les catégories principales de fibres optiques ?	211
205. Quelles sont les capacités de transfert des fibres optiques ?	212
206. Comment pourrait-on transmettre plusieurs messages simultanément dans une seule fibre optique ?	216
GSM et UMTS	217
207. Quel est le principe de fonctionnement des GSM ?	217
208. Quel est le principe de fonctionnement de l'UMTS ?	218
Big Brother ?	219
209. Combien de bits sont-ils nécessaires pour identifier chaque être humain ?	219
210. Combien d'objets différents peut-on identifier grâce à un nombre de 8 octets = 64 bits ?	219
Le système GPS	221
211. Quel est le principe de fonctionnement du système GPS ?	221
Télécommunications et champs électriques	224
212. Quelle est la valeur du champ électrique à laquelle nous sommes exposés lorsque nous utilisons un GSM ?	224
213. Quel est le champ électrique auquel nous sommes soumis de la part du Soleil, sachant que, au niveau du sol, la densité de puissance maximale est de $1\,000\text{ W/m}^2$?	225
Chapitre 5 Micro- et nanosciences	227
214. Microsciences et nanosciences : science-fiction ?	228
215. Comment reculer les limites de la miniaturisation ?	230
216. Qu'entend-on par microtechnologies et nanotechnologies ?	231

217. Pourquoi cherche-t-on à diminuer la taille des composants ?	231
218. Quelles sont les différences majeures entre notre monde et les domaines des micro- et nanosciences et nanotechnologies ?	233
Les lois d'échelle	234
219. Quelle est l'utilité des lois d'échelle ?	234
220. Comment varient les différentes forces mécaniques lorsque L varie ?	235
221. Comment varient les énergies lorsque L varie ?	237
222. Comment varient les fréquences de résonance lorsque L varie ?	238
223. Comment varient les tensions subies par les matériaux solides lorsque L varie ?	238
Les fluides	239
224. Comment varient les mouvements dans les fluides lorsque L varie ?	239
Électromagnétisme	240
225. Comment varient les grandeurs électriques lorsque L varie ?	240
Thermodynamique	243
226. Comment varient les grandeurs thermodynamiques lorsque L varie ?	243
Optique	244
227. Comment varient les paramètres optiques lorsque L varie ?	244
Mécanique quantique	245
228. Comment varient les grandeurs quantiques lorsque L varie ?	245
Le monde de Microcosmos	246
229. Quelles dimensions doivent avoir les pattes des petites bêtes pour que celles-ci supportent leur propre poids ?	246

230. Quelles sont les forces qui gouvernent l'adhésion des petites bêtes sur le sol, les murs, le plafond ?	247
231. Pourquoi les petites bêtes ne sont-elles pas des êtres à sang chaud ?	248
232. Pourquoi les yeux des petites bêtes sont-ils différents des nôtres ?	248
233. Pourquoi les petits animaux semblent-ils se déplacer plus vite que les grands ?	249
234. Les petits animaux entendent-ils les mêmes sons, aux mêmes fréquences que les grands ?	250
235. Pourquoi les petits animaux sautent-ils aussi haut ?	250
236. Pourquoi de petits animaux arrivent-ils à pousser des masses beaucoup plus importantes qu'eux-mêmes ?	252
Les microtechnologies	253
237. En photolithographie, qu'est-ce qui détermine la taille des éléments que l'on peut obtenir ?	253
La physique des microtechnologies	254
238. Quelles sont les différences entre les machines thermiques classique et micrométrique ?	254
239. Comment tourne un micromoteur électrique ?	255
240. Comment varie le nombre de Reynolds dans les petites canalisations ?	255
241. Les micromachines sont-elles plus sensibles que les macromachines ?	256
Les nanotechnologies	257
242. Quelle serait la longueur d'un fil obtenu en mettant bout à bout tous les atomes contenus dans un litre d'air ?	257
243. En supposant que l'on peut écrire (avec des atomes) une lettre dans un carré de 10 atomes sur 10 atomes, combien de dictionnaires peut-on écrire sur 1 cm ² ?	257
244. Comment varie l'aire spécifique de cubes lorsque leur dimension diminue ?	257
245. Quelle est l'aire spécifique d'une poudre de carbone (d'une masse totale de 1 g), formée de nanoparticules sphériques de rayon $r = 10 \text{ nm}$?	258

246. Quel volume de gaz (azote) peut-on adsorber sur 1 g de la poudre de carbone de la question précédente ?	258
247. Combien d'atomes y-a-t-il aux sommets, sur les arêtes, les faces et à l'intérieur d'un cube ?	259
248. Comment varient les réactivités de poudres de nanoparticules cubiques en fonction du degré de découpage, n ?	259
249. Quelle est l'énergie requise pour placer un électron sur une nanoparticule ?	260
250. Comment se manifestent les effets quantiques ?	261

Pour en savoir plus	263
----------------------------	-----

Remerciements	267
----------------------	-----