

Table des matières

Introduction générale

Pour une nouvelle Renaissance et un réveil de l'Esprit des <i>Lumières</i>	5
--	---

Première partie

Les grands défis technologiques

Chapitre 1

La technologie : une réponse aux grands défis du XXI ^e siècle	13
--	----

Chapitre 2

La technologie : une réponse aux défis environnementaux ?.....	17
--	----

2.1. Les principaux défis environnementaux du XXI ^e siècle	18
---	----

2.1.1. Le découplage entre mode de développement et pressions sur l'environnement	18
--	----

2.1.1.1. Les pressions liées à la consommation s'intensifient.....	19
--	----

2.1.1.2. L'empreinte écologique	19
---------------------------------------	----

2.1.1.3. Trois scénarios d'évolution de l'empreinte écologique à l'horizon 2100.....	20
---	----

2.1.2. Le changement climatique, au cœur des préoccupations environnementales des prochaines années.....	22
---	----

2.1.2.1. La responsabilité humaine dans le réchauffement climatique	22
---	----

2.1.2.2. L'effet de serre : le principal mécanisme responsable du réchauffement climatique.....	24
--	----

2.1.2.3. Des conséquences qui peuvent être dramatiques.....	25
---	----

2.1.2.4. Le changement climatique : un problème global	26
--	----

2.2. L'environnement aujourd'hui et la technologie	26
--	----

2.2.1. Un bien de plus en plus rare, qu'il faut préserver : l'eau.....	26
--	----

2.2.1.1. Les pressions liées à la consommation d'eau potable	27
--	----

2.2.1.2. Le défi de ce siècle : comment pallier au manque d'eau potable ?.....	28
--	----

2.2.1.3. Un enjeu important, diminuer les fuites du réseau	28
--	----

2.2.1.4. Des efforts dans le traitement de la pollution de l'eau.....	29
---	----

2.2.2. La nécessaire amélioration de la qualité de l'air	29
--	----

2.2.2.1. Des sources de pollutions diverses.....	30
--	----

2.2.2.2. La qualité de l'air : la réduction de la pollution à la source.....	30
--	----

2.2.2.3. La pollution de l'air et l'habitat.....	31
--	----

2.2.3. L'épuisement des ressources naturelles.....	31
--	----

2.2.3.1. Des tensions sur les marchés des matières premières	31
--	----

2.2.3.2. La fin de l'énergie bon marché.....	32
2.2.4. L'augmentation dramatique de la quantité de déchets	34
2.3. Les perspectives pour le XXI ^e siècle.....	35
2.3.1. La réponse technologique : nécessaire	35
2.3.1.1. La nécessité d'une approche globale.....	35
2.3.1.2. La prise en compte de la complexité des problèmes environnementaux.....	36
2.3.1.3. L'éco-conception.....	37
2.3.2. La réponse technologique :... pas suffisante.....	38
2.3.2.1. Accepter de changer nos modes de vie.....	38

Chapitre 3

Les dynamiques à l'œuvre dans les technologies de l'information	43
3.1. L'accélération des progrès de la miniaturisation.....	44
3.1.1. La loi de Moore	45
3.1.2. Les conséquences de la miniaturisation	46
3.1.3. L'électronique de spin ou « spintronique » : prochaine révolution de l'électronique	47
3.1.4. L'électronique moléculaire	48
3.2. L'essor du haut-débit.....	50
3.3 - L'explosion de la mobilité	51
3.3.1. Les extensions de la téléphonie mobile à l'Internet.....	51
3.3.2. Un impératif : l'évolution des réseaux.....	52
3.3.3. Le problème des fréquences.....	53
3.3.4. L'énergie « portable »	53
3.3.5. L'évolution de l'informatique : une nécessité.....	54
3.4 - Internet, le modèle incontournable.....	55
3.4.1. L'usage : le déterminant essentiel de l'adoption des nouvelles technologies de l'information et de la communication	56

Chapitre 4

Technologies des transports.....	61
4.1. Situation actuelle : quelques repères.....	61
4.1.1. Les impacts négatifs des transports.....	62
4.1.1.1. Insécurité routière.....	62
4.1.1.2. Artificialisation des terres	62
4.1.1.3. Pollutions locales (bruit, gaz, particules).....	62
4.1.1.4. Émission de gaz à effet de serre (GES).....	62
4.1.1.5. Congestion.....	63
4.2. Défis technologiques	63
4.2.1. Transports routiers	63
4.2.1.1. Sûreté et efficacité, par l'automatisation des systèmes de transport....	63
4.2.1.2. Des aides à la conduite à la conduite automatisée.....	64
4.2.1.3. Le régulateur d'espacement.....	64

4.2.1.4. Les systèmes de suivi de voie ou d'appui latéral	64
4.2.1.5. Les dispositifs de positionnement satellitaires.....	65
4.2.2. Des transports plus respectueux de l'environnement	66
4.2.2.1. La valorisation de la chaleur perdue.....	67
4.2.2.2. Le photovoltaïque à bord des véhicules ?.....	67
4.2.2.3. La conversion de l'énergie de freinage.....	68
4.2.2.4. Une technologie « de niche » : le moteur à air comprimé	69
4.2.2.5. L'évolution ultime : le véhicule électrique.....	69
4.2.2.6. Un défi technologique majeur : le stockage de l'énergie.....	70
4.2.3. Transport aérien	71
4.2.3.1. Sécurité et efficacité par l'automatisation	71
4.2.3.2. Le défi environnemental	71
4.2.4. Technologies et politiques publiques	74
4.2.4.1. Payer le transport à son juste coût pour la collectivité	74
4.2.4.2. Le levier financier	75
4.2.4.3. La communication	76
4.2.4.4. Le levier réglementaire.....	76

Chapitre 5

Quelles énergies pour le XXI^e siècle ?.....	77
5.1. Toutes les ressources énergétiques ne sont pas encore exploitées.....	78
5.2. Développement économique et croissance de la consommation d'énergie ne sont pas indissociables	80
5.3. La prise en compte du changement climatique s'impose progressivement comme un des grands déterminants des politiques énergétiques.....	80
5.4. Peu de technologies de l'énergie peuvent réellement être qualifiées de « technologies en rupture ».....	83
5.5. L'évolution du paysage énergétique, y compris dans sa dimension technologique, est marquée par des constantes de temps longues	84
5.6. Dans le contexte français, les « gisements » sont aussi à rechercher du côté de la demande.....	85
5.7. La notion de « mix » énergétique restera au cœur des politiques énergétiques.....	86

Chapitre 6

Technologies pour la santé	89
6.1. Situation actuelle et défis associés	89
6.1.1. Les effets du vieillissement de la population.....	89
6.1.1.1. Mettre en œuvre une véritable prévention des pathologies est une des actions à mener pour combattre ces maladies.....	90
6.1.1.2. Mettre au point de nouveaux traitements.....	90
6.1.2. Virus et maladies infectieuses.....	91
6.1.2.1. Comprendre les mécanismes d'émergence.....	91

6.1.3. Accélérer les processus de R & D (recherche et développement) : les promesses des biotechnologies.....	92
6.2. Perspectives technologiques.....	93
6.2.1. Médecine curative.....	93
6.2.1.1. Vectorisation.....	93
6.2.1.2. Chirurgie innovante.....	94
6.2.1.3. À plus long terme, la convergence nano-bio-TIC.....	94
6.2.2 Médecine préventive.....	94
6.2.2.1. Approche sociétale.....	95
6.2.2.2. Nouvelles technologies d'imagerie et de diagnostic.....	95
6.2.3. De la médecine préventive à la médecine préventive personnalisée : la médecine prédictive.....	96
6.2.4. Processus de R & D.....	97
6.3. Les réponses aux défis.....	97
6.3.1 Vieillesse de la population.....	97
6.3.2 Virus et maladies infectieuses.....	98

Chapitre 7

L'espace, la nouvelle frontière ?.....	99
7.1. L'espace, pour quoi faire ?.....	99
7.2. Les enjeux de l'espace.....	101
7.2.1. Les services satellitaires.....	101
7.2.1.1. Des usages duaux : commerciaux et d'intérêt général.....	101
7.2.1.2. Des risques de monopoles.....	101
7.2.1.3. L'enjeu économique des terminaux.....	101
7.2.1.4. Les enjeux de l'observation et la gestion de la terre.....	102
7.2.2. L'exploration spatiale.....	102
7.3. Défis technologiques.....	103
7.3.1. Technologies et performances économiques.....	103
7.3.2. Amélioration des performances des lanceurs.....	104
7.3.2.1. Les évolutions continues de la propulsion chimique.....	104
7.3.2.2. Vers les lanceurs réutilisables ?.....	104
7.3.2.3. Concepts futuristes pour la mise en orbite.....	105
7.3.3. Satellites et charges utiles.....	106
7.3.3.1. Propulsion et énergie.....	107
7.3.3.2. Charges utiles.....	107
7.3.4. L'espace, une ressource limitée.....	108
7.3.4.1. La menace des déchets spatiaux.....	108
7.3.4.2. Vers une pénurie des fréquences ?.....	109
7.4. Conjectures technologiques et science-fiction.....	109
7.4.1. Des ressources illimitées, mais à quel prix ?.....	109
7.4.2. Vols habités : du tourisme à la colonisation de l'espace ?.....	110

Seconde partie
Les grands défis scientifiques

Chapitre 8

Une pensée scientifique en crise au début du XXI^e siècle ?	115
8.1. Une crise générale de la pensée scientifique	116
8.1.1. Première caractéristique	116
8.1.2. Seconde caractéristique	116
8.1.3. Troisième caractéristique	117
8.2. Des anomalies dans chaque discipline au début du XXI ^e siècle : un diagnostic de crise dans chaque discipline ? Applications possibles des nouveaux paradigmes ?	117
8.2.1. Une crise de la pensée en sciences physiques	117
8.2.2. Une crise de la pensée en sciences biologiques	118
8.2.3. Une crise de la pensée en sciences sociales	118
8.3. Spécificités de la crise du début du XXI ^e siècle : une crise différente parce que générale ? Fin d'une première période de l'histoire humaine ? Besoin d'unification dans un grand paradigme ?	119

Chapitre 9

Un nouveau paradigme pour la physique ? Nouvelles perspectives.	121
9.1. Limites du paradigme actuel	121
9.2. Théorie de la relativité d'échelle	123
9.2.1. La première étape de la construction de la théorie	126
9.2.2. La deuxième étape	126
9.2.3. La troisième étape	127
9.3. Applications scientifiques et technologiques	128
9.3.1. Exemples de validation observationnelle	128
9.3.2. Applications futures à de nouvelles technologies	131
9.3.2.1. Un premier ensemble d'outils théoriques assez directement applicable est celui des lois d'échelle	131
9.3.2.2. Un deuxième ensemble d'applications concerne la théorie quasi-quantique macroscopique.	134
9.3.2.3. Un dernier ensemble d'applications concerne la théorie des champs	135

Chapitre 10

L'énigme de l'apparition de la vie	139
10.1. Les contraintes physico-chimiques de la vie	139
10.2. Le paradoxe de la génération spontanée	141
10.3. Les théories de l'origine de la vie	142
10.3.1. De la panspermie à l'exobiologie	142
10.3.2. Les premières hypothèses de l'origine chimique de la vie : l'abiogenèse	143
10.3.2.1. Les hypothèses d'Oparin-Haldane	143

10.3.2.2. Miller et la reconstitution des conditions de l'origine de la vie.....	143
10.3.2.3. L'autoréplication du monde des ARN.....	144
10.3.3. Les théories de l'origine métabolique minérale de la vie.....	144
10.3.3.1. Les argiles et la théorie de la relève génétique de Cairns-Smith	144
10.3.3.2. La théorie de Wächtershäuser et les pyrites	145
10.3.3.3. Le scénario de transformation homéotopique de Danchin.....	146
10.3.3.4. Bilan de la soupe primordiale et de l'exobiologie.....	146
10.4. Une auto-organisation de la vie sur Terre comme conséquence des contraintes de la relativité d'échelle ?	147
10.4.1. Les effets dans l'espace standard.....	147
10.4.2. Les effets dans l'espace des échelles	147

Chapitre 11

Le défi de la biologie systémique intégrative : développer une théorie du vivant fondée sur les principes premiers de la relativité d'échelle	151
11.1. De la nécessité d'une théorie intégrative du vivant.....	151
11.2. La résurgence d'une biologie systémique intégrative	153
11.3. Une brève histoire de la biologie systémique intégrative.....	155
11.3.1. Physiologie, génétique et biologie moléculaire.....	155
11.3.2. Génie génétique, génomique fonctionnelle et biologie computationnelle.....	156
11.3.3. Le grand défi de la biologie systémique : l'intégration multi-échelles.....	157
11.4. Théorie de la relativité d'échelle et biologie systémique intégrative.....	161
11.4.1. Fondement d'une théorie intégrative du vivant sur des principes premiers	161
11.4.2. Définition de l'espace-temps biologique, de champs et charges biologiques	164
11.4.3. Extension du cadre classique pour l'intégration multi-échelle.....	165
11.4.4. Conséquences pour la recherche, le développement et la formation transdisciplinaires en biologie systémique intégrative	167

Chapitre 12

Le défi des neurosciences : une nouvelle frontière pour le XXI^e siècle ?	171
12.1. La prodigieuse complexité du cerveau.....	172
12.2. Vers une approche systémique du cerveau.....	173
12.3. Génomique et imagerie, deux champs prometteurs.....	174
12.3.1. Génétique et épigénétique.....	174
12.3.2. Des images pour comprendre.....	175
12.4. Le défi des maladies du cerveau.....	177

Chapitre 13

Le défi du changement climatique	179
13.1. L'activité humaine, principal moteur du dérèglement climatique.....	180
13.2. Que nous disent les observations ?.....	182
13.3. À qui la faute ?.....	184
13.4. Le climat du XXI ^e siècle.....	186
13.5. Les modèles se complexifient.....	189
13.6. Comment éviter des perturbations ?.....	192

Chapitre 14

Le défi démographique	193
14.1. Malthus, un précurseur en démographie.....	193
14.2. La démographie analysée par l'ONU.....	194
14.3. Évolution de la démographie mondiale.....	195
14.4. La liaison démographie-économie.....	195
14.5. Évolution des systèmes économiques.....	196
14.6. Les conséquences nationales et mondiales de la démographie.....	199

Chapitre 15

Mondialisation économique et perspective d'un temps critique en fin du XXI^e siècle : aboutissement d'une première période de l'humanité ?	201
15.1. Le défi en sciences sociales début XXI ^e siècle : un monde en voie d'unification dont l'évolution se dirige vers un temps critique ?.....	202
15.1.1. Mondialisation économique, un monde en voie d'unification dû au phénomène de montée en puissance des firmes multinationales.....	202
15.1.2. Un phénomène d'accélération économique conduisant vers un temps critique.....	203
15.1.3. Comment comprendre ce nouveau fonctionnement des sociétés humaines ? Se dirige-t-il vers des limites ?.....	204
15.2. L'état du problème au début du XXI ^e siècle.....	205
15.2.1. Une profonde crise de la pensée économique.....	205
15.2.2. La toute puissance d'un « faux paradigme » dominant.....	206
15.2.3. Une anomalie au XX ^e siècle : la pensée de Joseph Schumpeter.....	207
15.3. Les perspectives pour répondre au défi.....	207
15.3.1. Besoin d'un nouveau paradigme : analyser les grandes caractéristiques de l'évolution économique.....	208
15.3.2. Analyse de la réalité économique de fin de XX ^e siècle et de début XXI ^e siècle : pourquoi mondialisation et temps critique ?.....	209
15.3.3. Quelle signification accorder à un « temps critique », et que faire ensuite ?.....	211
Conclusion	215