



## 2016 – 2024

### Liste des exercices

#### Oral 2024

1 – Dépôt de Nickel (Ambrosio2-2024)	7
2 – Métal Inconnu (Appert1-2024)	7
3 – Epaisseur d'une lame de mica (Appert2-2024)	7
4 – Câble Coaxial (Bairat1-2024)	7
5 – Planche et Ressort (Bairat2-2024)	8
6 – Réflexion sur 2 miroirs (Barrat1-2024)	8
7 – Orbite de transfert (Barrat2-2024)	8
8 – Volant d'inertie (Bridonneau1-2024)	8
9 – Elec (Bridonneau2-2024)	9
10 – Matériau piézoélectrique (Cussac1-2024)	9
11 – Filtre de Rauch (Cussac2-2024)	9
12 – Propagation d'une OEM dans l'eau (Daouakha1-2024-Desanlis-Lestage-Sarrailha)	10
13 – Synthèse de l'ammoniac (Daouakha1-2024-Desanlis)	10
14 – Machine thermique (Descombes1-2024)	10
15 – Modélisation d'un molécule diatomique (Descombes2-2024)	11
16 – Titrage d'un jus de citron (Ferchal1-2024)	11
17 – Barrage hydraulique (Ferchal2-2024)	11
18 – Champ créé pas une structure chargée (Ferchaud1-2024)	12
19 – Rotation d'un plateau et mobile (Ferchaud2-2024)	12
20 – Rotation d'un plateau et mobile (Ferchaud2-2024-rajout-questions)	12
21 – Enrichissement de l'uranium (Golfier1-2024)	12
22 – Isolation d'une conduite de vapeur (Golfier2-2024)	13
23 – Etoile double (Labeyrie1-2024)	13
24 – Mesure inductance mutuelle (Labeyrie2-2024)	13
25 – Trous d'Young mobiles (Lafarge1-2024)	13
26 – Conditionneur thermique (Lafarge2-2024)	14
27 – Electrolyse du chlore (Lanuza1-2024)	14
28 – Filtre (Lanuza2-2024)	15
29 – Mouvement d'un pendule avec un clou (Lion1-2024)	15
30 – Plasma (Lion1-2024)	16
31 – Réactance-mètre (Mareille1-2024)	16

32 – Rail incliné (Mareille2-2024)	16
33 – Structure de la Terre (Martell1-2024)	17
34 – Détermination de gamma (Martell2-2024)	17
35 – Piège de Paul (Nguyen1-2024)	18
36 – Onde électromagnétique entre deux conducteurs (Nguyen2-2024)	18
37 – Chute d'un arbre (Potier1-2024-Malot1)	18
38 – Mesure de gravité avec un Michelson (Potier2-2024-Malot2)	18
39 – Équilibre chimique (Pohyer1-2024)	19
40 – Analyse du fonctionnement d'un détecteur (Pohyer2-2024)	19
41 – Polariseur (Predon1-2024)	20
42 – Rotation d'une onde polarisée rectilignement (Modif-Predon1-2024)	20
43 – Réseau par réflexion (Predon2-2024)	20
44 – Cinétique chimique (Toujas1-2024)	20
45 – Condensateur à épaisseur variable (Toujas2-2024)	20
46 – Thermodynamique - Cycle (SansNom1-2024)	21
47 – Propagation d'ondes dans un fluide (SansNom2-2024)	21
48 – Cinétique chimique (2024-Fayolle1)	21
49 – Onde atténuée (2024-Fayolle2)	21
50 – Dissolution du chlorure d'hydrogène (2024-Fayolle3)	21
51 – Analyse d'un filtre passe-bande à AOP (2024-Fayolle4)	22
52 – Satellite à deux masses (2024-Fayolle5)	22

#### Oral 2023

53 – Cuisson d'un œuf (Aran1-Da Cunha-2023)	23
54 – Fentes d'Young (Aran2-Da Cunha-2023)	23
55 – Système diphasique dans une chaudière + thermostat (Bairat1-2023)	24
56 – Nombre d'Avogadro (Bairat2-2023)	24
57 – Conduction thermique (Cavero1-2023)	24
58 – Mouvement d'une particule (Cavero2-2023)	25
59 – Cycles réversibles (Charnavel1-2023)	25
60 – Attention à la marche! (Charnavel2-2023)	25
61 – Conduction (Daouakha1-2023)	25
62 – (Daouakha2-2023)	26
63 – Réponse RC (Destruhaut1-2023)	26
64 – Siphon (Destruhaut2-2023)	26
65 – Pompage (Fons1-Li1-2023)	26
66 – Masse d'un photon (Fons2-Li2-2023)	27
67 – Cadre dans B (François1-2023)	27
68 – Combustion oxyde de cobalt (François2-2023)	28
69 – Moteur de supercar (Gomez1-2023)	28

70 – Réservoir d'eau chaude (Gomez2-2023) . . . . .	28	110 – Cinétique chimique (Fayolle20-2023) . . . . .	39
71 – OPPH (Gornes1-2023) . . . . .	29	<b>Oral 2022</b> . . . . .	<b>40</b>
72 – Circuits en cascade (Gornes2-2023) . . . . .	29	111 – Titrage du diiode avec du thiosulfate de sodium (Allard1-2022) . . . . .	40
73 – Méthode de Badal (Grenier1-2023) . . . . .	29	112 – Conduction dans une barre de cuivre (Allard2-2022) . . . . .	40
74 – Courants de Foucault (Grenier2-2023) . . . . .	29	113 – Détection du monoxyde de carbone (Audap1-Maubert-2022) . . . . .	40
75 – Astable (Jamet1-2023) . . . . .	29	114 – Refroidissement de l'air d'une maison (Audap2-Maubert-2022) . . . . .	40
76 – Cycle moteur (Jamet2-2023) . . . . .	30	115 – Impédance d'entrée (Barlet1-2022) . . . . .	41
77 – Solénoïde en ARQS (Mazhouda1-2023) . . . . .	30	116 – Température de l'air (Barlet2-2022) . . . . .	41
78 – Thermochimie (Mazhouda2-2023) . . . . .	30	117 – Eau dans une cafetière (Brugerolle1-Lesvigne-2022) . . . . .	41
79 – Vidange d'un réservoir (Moussetafa1-2023) . . . . .	30	118 – Multimètre (Brugerolle2-Lesvigne-2022) . . . . .	42
80 – Détermination de la caractéristique d'une bobine (Moussetafa2-2023) . . . . .	30	119 – Equilibre de l'oxyde d'azote (Dabon1-2022) . . . . .	42
81 – Goniomètre avec réseau (Muller1-2023) . . . . .	31	120 – Chauffe-eau solaire (Dabon2-2022) . . . . .	42
82 – Eau chauffée dans un calorimètre (Muller2-2023) . . . . .	31	121 – Fente d'Young (Etienne1-Traia-2022) . . . . .	42
83 – Réalisation d'un oscillateur quasi sinusoïdal (Paquier1-2023) . . . . .	31	122 – Rail de Laplace (Etienne2-Traia-2022) . . . . .	43
84 – Conduite d'eau (Paquier2-2023) . . . . .	32	123 – Lame mince (Galouye1-2022) . . . . .	43
85 – Soustracteur (Parvery1-2023) . . . . .	32	124 – Mesure d'inductance (Galouye2-2022) . . . . .	44
86 – Conduction thermique avec erf (Parvery2-2023) . . . . .	32	125 – Thermochimie (Gelin1-2022) . . . . .	44
87 – Balance de Cotton (Tuco1-2023) . . . . .	32	126 – Pompe (Gelin2-2022) . . . . .	44
88 – Etude d'un cycle frigorifique (Tuco2-2023) . . . . .	33	127 – Prise du ciment (Gioana1-2022) . . . . .	45
89 – Appareil photo (Yatim1-2023) . . . . .	34	128 – Détermination d'inductance (Gioana2-2022) . . . . .	45
90 – Ecoulement (Yatim2-2023) . . . . .	34	129 – Titrage de la soude (Harbonnier1-2022) . . . . .	46
91 – Thermodynamique (Fayolle1-2023) . . . . .	34	130 – Électromagnétisme (Harbonnier2-2022) . . . . .	46
92 – Champ dans une cavité (Fayolle2-2023) . . . . .	34	131 – Oscilloscope et transitoire (Hathout1-2022) . . . . .	46
93 – Oscillation d'un ballon météorologique (Fayolle3-2023) . . . . .	34	132 – Soulèvement d'un toit (Hathout2-2022 idem Forcadell1-2016) . . . . .	46
94 – Dosage conductimétrique (Fayolle4-2023) . . . . .	34	133 – Vitesse de soulèvement d'un toit (Forcadell-2016) . . . . .	46
95 – Pression sur un métal (Fayolle5-2023) . . . . .	35	134 – Artère et résistance hydraulique (Lacan1-2022) . . . . .	47
96 – Pression sur un métal 2 (Fayolle6-2023) . . . . .	35	135 – Electrostatique (Lacan2-2022) . . . . .	47
97 – Piscine et patinoire (Fayolle7-2023) . . . . .	35	136 – Filtrage (Le Meur1-2022) . . . . .	47
98 – Distance hyperfocale (Fayolle8-2023) . . . . .	35	137 – Champs statiques (Le Meur2-2022) . . . . .	48
99 – Sensation chaud-froid (Fayolle9-2023) . . . . .	35	138 – Plan chargé variable (Lemaire1-2022) . . . . .	48
100 – Mouvement dans E et B (Fayolle10-2023) . . . . .	36	139 – Oxyde d'aluminium (Lemaire2-2022) . . . . .	48
101 – Transformateur (Fayolle11-2023) . . . . .	36	140 – Plancher chauffant (Martins1-2022) . . . . .	48
102 – Lévitiation au dessus d'un supraconducteur (Fayolle12-2023) . . . . .	36	141 – Electromagnétisme (Martins2-2022) . . . . .	49
103 – Position d'équilibre (Fayolle13-2023) . . . . .	37	142 – Etude thermochimique d'une réaction (Miguel1-2022) . . . . .	49
104 – Ailette (Fayolle14-2023) . . . . .	37	143 – Interféromètre de Michelson en coin d'air (Miguel2-2022) . . . . .	49
105 – Tuyau de pétrole (Fayolle15-2023) . . . . .	37	144 – Trous d'Young (Moreau1-2022) . . . . .	49
106 – Chimie (Fayolle16-2023) . . . . .	38	145 – Émission de proton (Moreau2-2022) . . . . .	50
107 – Equilibre d'un pont (Fayolle17-2023) . . . . .	38	146 – Condensateur cylindrique (Mulder1-2022) . . . . .	50
108 – Climatisation d'avion (Fayolle18-2023) . . . . .	38	147 – Thermochimie (Mulder2-2022) . . . . .	50
109 – Trous d'Young (Fayolle19-2023) . . . . .	38		

148 – Oscillateur à Pont de Wien (Muller1-2022)	50	186 – Thermodynamique (Dabier1-Banse-2021)	61
149 – Pile Daniell (Muller2-2022)	51	187 – Conductivité thermique (Dabier2-Banse-2021)	61
150 – Écoulement dans une veine (Pariolleau1-2022-Pinet)	51	188 – Cocotte-minute (Gerard1-2021)	61
151 – Diffusion thermique dans une bille (Pariolleau2-2022-Pinet)	52	189 – Circuit électrique (Gerard2-2021)	61
152 – Condensateur cylindrique (Pelissier1-2022)	52	190 – Dépôt de nickel (Gerino1-2021)	61
153 – Balle rebondissante (Pelissier2-2022)	52	191 – Détente d'un fluide (Gerino2-2021)	62
154 – Cours thermochimie (Peyrichou1-2022)	52	192 – Propagation d'un fluide visqueux dans une roche (Guilhem1-Lapeyre-2021)	62
155 – OEM (Peyrichou2-2022)	52	193 – Magnétostatique - électrostatique (Guilhem2-Lapeyre-2021)	62
156 – E-pH du Plomb (Poudret1-2022)	53	194 – Signal quasi-sinusoïdal (Hathout1-Mouchet-2021)	62
157 – Circuit secondaire centrale nucléaire (Poudret2-2022)	53	195 – Gravitation (Hathout2-Mouchet-2021)	63
158 – Vitrage (Puybureau1-2022)	54	196 – Étude d'un compresseur (Leguery1-Dulout-2021)	63
159 – Vidange d'une cuve de méthane (Puybureau2-2022)	54	197 – Lévitiation d'une spire (Leguery2-Dulout-2021)	63
160 – Tuyère d'avion (Puyvelo1-Ross-2022)	54	198 – Mesure de la profondeur d'une mine désaffectée (Mandard1-2021)	63
161 – Tunnel terrestre (Puyvelo2-Ross-2022)	54	199 – Fonction de retard d'un signal (Mandard2-2021)	63
162 – Oscillateur (Ratabouc1-2022)	55	200 – Générer de l'énergie avec les vagues (Marchand1-2021)	64
163 – Tuyère (Ratabouc2 (2022))	55	201 – Communication avec un ballon météo (Marchand2-2021)	64
164 – Lame d'air (Scheiff1-2022)	55	202 – Champ magnétique (Martins1-2021)	64
165 – Graviation (Scheiff2-2022)	56	203 – Combustion de l'ammoniac (Martins2-2021)	65
166 – Etoile double (Rogier1-2022)	56	204 – Température de flamme (Monbrun1-2021)	65
167 – E-pH Al (Rogier2-2022)	56	205 – Volcan dans l'océan (Monbrun2-2021)	65
168 – Protection cathodique (Séjourné1-2022)	56	206 – OPPH (Neto1-2021)	65
169 – Ondes téléphoniques (Séjourné2-2022)	57	207 – Rails de Laplace (Neto2-2021)	65
170 – Étude spectrale (Texeraud1-2022)	57	208 – Filtre (Pucheu1-2021)	66
171 – Chute d'un cadre (Texeraud2-2022)	57	209 – Michelson (Pucheu2-2021)	66
<b>Oral 2021</b>	<b>58</b>	210 – Laser (Prevot1-2021)	66
172 – Cavité électromagnétique (Anedda1-2021)	58	211 – Chute d'une barre (Prevot2-2021)	66
173 – Dosage d'acides (Anedda2-2021)	58	212 – Satellite (Pujol1-2021)	66
174 – Circuit RLC parallèle en régime transitoire (Antoine1-Lagarde-2021)	58	213 – Plasma (Pujol2-2021)	67
175 – Rotor d'un moteur (Anoine2-Lagarde-2021)	58	214 – Conducteur ohmique (Retegui1-2021)	67
176 – Bulle de savon (Barrau1-2021)	58	215 – Électrolyse de l'étain (Retegui2-2021)	67
177 – Astéroïde (Barrau2-2021)	59	216 – Réversibilité d'un système masse ressort (Visconti2-2021)	67
178 – Détection d'une nappe de pétrole par gravimétrie (Bougeard1-2021)	59	217 – Guide d'ondes (403)	67
179 – Étude d'un réfrigérateur (Bougeard2-2021)	59	218 – Approche énergétique de l'effet de peau (404)	68
180 – Convertisseur analogique binaire-décimal (Bounthanh1-2021)	59	<b>Oral 2019</b>	<b>68</b>
181 – Détente d'un gaz parfait dans un cylindre (Bounthanh2-2021)	60	219 – Miroir de Lloyd (Benchadi1-2019)	68
182 – Électronique-soustracteur (Chevrier1-2021)	60	220 – Compression Isotherme (Benchadi2-2019)	68
183 – Corrosion de canalisation (Chevrier2-2021)	60	221 – Looping de skieur (Bottier1-2019)	69
184 – Coaxial (Chiron1-2021)	60	222 – Gel d'un lac (Bottier2-2019)	69
185 – Glaçon dans un verre (Chiron2-2021)	60	223 – Trous de Young (Cailhol1-2019-Roquebert-Vuillermoz)	69

224 – Moteur ditherme avec conduction (Cailhol2-2019-Roquebert-Vuillermoz)	70	264 – Filtre RLC (Oral-PT-906)	82
225 – Filtre ADSL (Carbonneau1-2019)	71	265 – Étude expérimentale d'un filtre (Oral-PT-907)	82
226 – Miroirs dans de l'eau (Carbonneau2-2019)	71	266 – Inverseur - modèle premier ordre (Oral-PT-607)	82
227 – Précipitation des ions argent (Chapou1-2019)	71	267 – Filtre en peigne de fréquence (Oral-PT-608)	83
228 – Soupape magnétique (chapou2-2019)	72	<b>Oral 2018</b>	<b>83</b>
229 – Michelson en lame d'air (Chevalier1-2019)	72	268 – Courants induits (Alcain1-2018)	83
230 – Etude d'un condensateur (Chevalier2-2019)	72	269 – Lentilles (Alcain2-2018)	83
231 – Atmosphère de Titan (Darrigo1-2019)	72	270 – Filtre avant un convertisseur analogique numérique (Ballue1-2018)	84
232 – Une particule chargée et un fil (Darrigo2-2019)	72	271 – Loi de température dans un fusible (Ballue2-2018)	84
233 – Vélocimétrie Laser (Dauge1-2019)	73	272 – OEM et bobines (Billet1-2018 –ressemble Boiteau(12-2011))	84
234 – Vidange automatique (Dauge2-2019)	73	273 – Étude du thiophène (Billet2-2018)	84
235 – Spectroscopie à réseaux (Dousset1-2019 et Blasco2-2019)	73	274 – Courant dans un cylindre en rotation (Broche1-2018)	85
236 – Lévitiation magnétique (Dousset2-2019 et Blasco2-2019)	73	275 – Radar à modulation de fréquence (Broche2-2018)	85
237 – Résonateur de Helmholtz (Fourcade2-2019)	74	276 – Propagation dans l'atmosphère (Cardon1-2018)	85
238 – Mesure d'épaisseur (12-506-bis) (Fourcade2-2019)	75	277 – Cavitation dans une canalisation (Cardon2-2018)	85
239 – Évolution thermique (Gombeau1-2019)	75	278 – Décharge d'un circuit RC (David1-2018)	86
240 – Synthèse de l'aluminium (Gombeau2-2019)	75	279 – Conduction thermique dans un fil de cuivre (David2-2018)	86
241 – Haut-parleur (Heaulme1-2019)	75	280 – Étude d'une pile (Dufourg1-2018)	86
242 – Étoile double (Heaulme2-2019)	76	281 – Sismographe (Dufourg2-2018)	87
243 – Étoile double (12-110)	76	282 – Oscilloscope analogique (Fontaine1-2018)	87
244 – Ionosphère (Lahens1-2019)	76	283 – Centrale électrique (Fontaine2-2018 ressemble à Cartesi 9-2012)	88
245 – Noyau d'atome (Lahens2-2019)	77	284 – Disque chargé dans un solénoïde (Fernandez2-2018)	88
246 – Chauffage d'un ballon (Leger1-2019)	77	285 – Sphère radioactive 2 (Gascoin1-2018)	88
247 – Synthèse de l'ammoniac (Leger2-2019)	77	286 – Michelson en coin d'air (Gascoin2-2018)	88
248 – Onde guidée (Martin1-2019)	77	287 – Exemples d'application du Michelson (Guerin1-2018)	88
249 – Recuit d'une pièce (Martin2-2019)	77	288 – Étude d'un filtre (Guerin2-2018)	89
250 – Ressort (Maurel1-2019)	78	289 – Tuyau avec de l'hélium liquide (Guigue1-2018)	89
251 – Michelson en lame d'air (Maurel2-2019)	78	290 – Analyse expérimentale d'un circuit (Guigue2-2018)	90
252 – Etude d'un condensateur cylindrique (Prada1-2019)	78	291 – Force gravitationnelle (Houot1-2018)	90
253 – Etude d'un réservoir (Prada2-2019)	79	292 – Trous d'Young et Miroir (Houot2-2018)	90
254 – Étude d'un four sphérique (Sendou1-2019)	79	293 – Étude d'une pompe (Kjellberg1-2018)	90
255 – Bateau dans l'eau (Sendou2-2019)	79	294 – Synthèse par Électrolyse de l'étain (Kjellberg2-2018)	91
256 – Oscillateur quasi-sinusoidal (Stephan1-2019)	79	295 – Serpentin dans un calorimètre (Labat1-2018)	91
257 – Oscillation d'une molécule (Stephan2-2019)	80	296 – Câble coaxial (Labat2-2018)	91
258 – Mesure d'indice du verre (Tissier1-2019)	80	297 – Étude de circuits couplés (Lahens1-2018)	91
259 – Freinage magnétique (Trollet1-2019)	80	298 – Corrosion différentielle du fer (Lahens2-2018)	92
260 – Modèle de Thevenin (Trollet2-2019)	81	299 – Solution ionique dans un condensateur (Laurent1-2018)	92
261 – Etude d'un compresseur industriel (Venereau1-2019)	81	300 – Énergie d'une liaison (Laurent2-2018)	92
262 – Détecteur de métaux (Venereau2-2019)	81	301 – Trous d'Young (Leclercq-2018)	92
263 – Spectres d'un signal échantillonné (Oral-PT-701)	81		

302 – Chauffage d'un fluide au butane (Leclercq2-2018) . . . . .	93	340 – Électrolyse du cuivre (Gurtler-2017) . . . . .	105
303 – Induction dans un rail de Laplace (Leger1-2018) . . . . .	93	341 – Potentiel électrique autour d'une particule colloïdale (Hauret-2017) . . . . .	105
304 – Cylindrique et champ disruptif (Leger2-2018) . . . . .	93	342 – Exo sur les ondes (Hauret-2017) . . . . .	105
305 – Pince ampèremétrique (Lima1-2018) . . . . .	93	343 – Écoulement du sang dans une veine (Hugonneau-2017) . . . . .	105
306 – Dissociation du tétraoxyde de diazote (Lima2-2018) . . . . .	94	344 – Division du front d'onde (Hugonneau-2017) . . . . .	105
307 – Détection synchrone de réactance (Mendes1-2018) . . . . .	94	345 – Siphonner un réservoir (Laplaine-2017) . . . . .	106
308 – Freinage par induction d'une barre (Mendes2-2018) . . . . .	94	346 – Identification de filtre (Laplaine-2017) . . . . .	106
309 – Conduction à travers un mur (Moreno1-Calvet-2018) . . . . .	95	347 – Trempe du Forgeron (Lescou-2017) . . . . .	106
310 – Onde électromagnétique dans un métal (Moreno2-Calvet-2018) . . . . .	95	348 – Inductance linéique(Lescou-2017) . . . . .	106
311 – Death star (Ringuenet1-2018) . . . . .	95	349 – Oscillateur sinus-cosinus (Lherbier-Joubert-2017 (01-304)) . . . . .	106
312 – Dosage du vinaigre (Ringuenet2-2018) . . . . .	95	350 – Diagramme E-pH du Cadmium (Lherbier-Joubert-2017) . . . . .	107
313 – Remorquage d'un iceberg (Scamps2-2018 ressemble 23-2015-Feuillon) . . . . .	96	351 – Vidange d'un réservoir (Marque-Jeulin-2017) (03-120) . . . . .	107
314 – Tension de claquage d'une condensateur sphérique (Scamps2-2018) . . . . .	96	352 – Dismutation de l'eau oxygénée (Marque-Jeulin-2017) . . . . .	108
315 – Étude d'une goutte de pluie qui tombe sur de la neige (Sendou1-2018) . . . . .	96	353 – Décharge de condensateur (Mauquie-2017) . . . . .	108
316 – Compétition entre précipités (Sendou2-2018) . . . . .	96	354 – Précipitation des ions argent (Mauquie-2017) . . . . .	108
317 – Mesure de la masse volumique d'un fluide (Sentucq1-Querejeta1-2018) . . . . .	97	355 – Ailette de refroidissement (Meriau-2017) . . . . .	108
318 – Dipôles inconnus (Sentucq2-Querejeta2-2018) . . . . .	97	356 – Cycle frigorifique du dioxyde de carbone (Monet-2017) . . . . .	109
319 – Filtrage d'un oscilloscope (Venereau1-2018) . . . . .	98	357 – Onde entre 2 plans métalliques (Monet-2017) . . . . .	109
320 – Détection d'un champ électrique (Venereau2-2018) . . . . .	99	358 – Sondage par gravimétrie (Saulou-2017) . . . . .	110
321 – Masses reliées par un fil (Walter1-2018 ressemble à Dorange1-2015) . . . . .	99	359 – Trajectoire d'un électron (Saulou-2017) . . . . .	110
322 – Sphère radioactive (Walter2-2018) . . . . .	99	360 – Pendule de torsion (Prevost-PTB-2017) . . . . .	110
<b>Oral 2017</b> . . . . .	<b>99</b>	361 – Expérience d'Ingen Housz (127) . . . . .	111
323 – Intégrateur (Aries-Chahbazian-2017) . . . . .	99	362 – ALI Idéal (PT17-Fayolle1) . . . . .	111
324 – Diode à vide pour amplificateur de guitare (Aries-Chahbazian-2017) . . . . .	100	363 – Vitesse du fluide dans un tube (PT17-Fayolle2) . . . . .	111
325 – Modélisation d'un haut parleur (Boher-Moreno-2017) (05-308-b) . . . . .	100	364 – Oscillateur à deux ressorts horizontaux (PT17-Fayolle3) . . . . .	112
326 – Boule chargée - énergie libérée lors d'une fission (Boher-Moreno-2017) . . . . .	101	365 – Pente lubrifiée (PT17-Fayolle4) . . . . .	112
327 – Astéroïde en approche de la Terre (Boulard-2017) . . . . .	101	366 – Réponse d'un rail de Laplace (PT17-Fayolle5-05-311) . . . . .	113
328 – Voile solaire (Boulard-2017) . . . . .	101	367 – Pourbaix du manganèse (Fayolle6-211) . . . . .	113
329 – Câble coaxial (Calvet-2017) . . . . .	101	368 – Nickelage d'une pièce (Fayolle7-212) . . . . .	114
330 – Volant d'inertie en rotation horizontale(Calvet-2017) . . . . .	102	369 – Pile Fer - Zinc (Fayolle8-213) . . . . .	114
331 – Dissociation du bromure de cuivre (II) (Chambon-2017(06-515) . . . . .	102	370 – Fil et ARQS (PT17-Fayolle9) . . . . .	114
332 – Rail de Laplace (Chambon-2017) . . . . .	102	371 – Électronique de puissance (PT17-Fayolle10) . . . . .	115
333 – Lunette pour observer Jupiter (Chastenet-2017) . . . . .	102	372 – Plancher chauffant (PT17-Fayolle11) . . . . .	115
334 – Propulsion par jet (Chastenet-2017) . . . . .	103	373 – Condensateur plan et champ disruptif (03-203-bis) . . . . .	116
335 – Exercice de cours sur la thermochimie (Gacioui-2017) . . . . .	103	374 – Fentes d'Young et résolution de l'oeil (PT17-Fayolle12) . . . . .	116
336 – Expérience de Rüchardt (Gacioui-2017) . . . . .	103	375 – Vitesse d'un marcheur (PT17-Fayolle13) . . . . .	116
337 – Pendule de Holweck Leiy (Gaday-2017) . . . . .	104		
338 – Conduction thermique (Gaday-2017) . . . . .	104		
339 – Chaudière (Gurtler-2017) . . . . .	104		

<b>Oral 2016</b>	<b>116</b>		
376 – Formation de glace sur un lac (Belhadj-2016)	116	415 – Cylindre conducteur (Storiolo-2016)	126
377 – Scie à induction (Belhadj-2016)	117	416 – Création de dihydrogène (Storiolo-2016)	126
378 – Vitesse de libération (Bente et Larquier-2016)	117	417 – Diagramme de Pourbaix du Manganèse (10-210-Tizaf-2016)	127
379 – Isolation thermique d'un cylindre (Bente et Larquier-2016)	117	418 – Perturbations électromagnétiques (Tizaf-2016)	127
380 – Détente de vapeur dans une turbine (Bernaud-2016)	117	419 – Pression d'explosion (ajout Fayolle)	127
381 – Freinage d'un skeleton par induction (Bernaud-2016)	117	420 – Sensation de chaud ou de froid (125)	127
382 – Pression de l'air (Bernet-2016)	117	421 – Diamètre d'un fusible (126)	127
383 – Réseau (Bernet-2016)	118	422 – Voilier solaire (PT16-Fayolle1)	128
384 – Transformation adiabatique réversible (Clavé-2016)	118	423 – Détermination de longueur d'onde (PT16-Fayolle2)	128
385 – Michelson et lampe à mercure (Clavé-2016)	119	424 – Ailette de refroidissement (PT16-Fayolle3)	128
386 – Sonde Pitot (Comberton-2016 idem Lescanne 2015)	119	425 – Diagramme de Pourbaix du cuivre (PT16-Fayolle4)	128
387 – Filtre Passe Bande (Comberton 2016)	119	426 – Étude d'un piège pour molécules dipolaires (X05-PT16-Fayolle5)	129
388 – Images de franges (De Castro-2016)	119	427 – Oxydation par voie sèche (P16-Fayolle6)	129
389 – Force inconnue (De Castro-2016)	119	428 – Refroidissement d'un cylindre d'étain (PT16-Fayolle7)	129
390 – Synthèse du méthanol (Expert-2016)	119	429 – Mesure de débit (PT16-Fayolle8)	130
391 – Étude d'un barrage (Expert-2016)	119	430 – Formation de monoxyde de carbone (PT16-Fayolle9)	130
392 – Vitesse de soulèvement d'un toit (Forcadell-2016)	119	431 – Portrait de phase d'un RLC (PT16-Fayolle10)	131
393 – Mesure d'un oscilloscope (Forcadell-2016)	120	432 – Température de surface d'un lac gelé (PT16-Fayolle11)	131
394 – Michelson motorisé (Gachon-2016)	120	433 – État lié (PT16-Fayolle12)	131
395 – Détermination d'un filtre (Gachon-2016)	121	434 – Refroidissement d'une barre de cuivre (PT16-Fayolle13)	131
396 – Durée d'enregistrement d'un CD (Lascabettes-2016)	121		
397 – Analyse spectrale (Lascabettes-2016)	121		
398 – Mesure d'enthalpie standard de réaction (Meriau-Saulou-2016)	122		
399 – Onde de température pour une cave (Meriau-2016)	122		
400 – Détente d'un fluide et moteur (Paccard-2016)	122		
401 – Épaisseur de peau - calotte glaciaire (Pelletey-2016)	123		
402 – Filtre passe-bande (Pelletey-2016)	123		
403 – Michelson avec une barre de cuivre (Prévost-2016 ou Damiani-2012)	123		
404 – Chimie de l'ammoniac (Prévost-2016)	123		
405 – Cage de Faraday (Relange-2016)	123		
406 – Dosage de l'ion hydrogénosulfite (Relange-2016)	124		
407 – Force de poussée d'une tuyère (Rigobert-2016)	124		
408 – Interféromètre (Rigobert-2016)	125		
409 – Fluide en écoulement (Rivière Emmanuel-2016)	125		
410 – Réflexion d'une OPPH (Rivière Emmanuel-2016)	125		
411 – Satellite d'une comète (Rodrigues-2016)	125		
412 – Conduction thermique d'un mur (Rodrigues-2016)	126		
413 – Détermination de l'angle d'un coin d'air (Seval-2016)	126		
414 – Détermination expérimentale d'enthalpie de réaction (Seval-2016)	126		

## Oral 2024

### 1 – Dépôt de Nickel (Ambrosio2-2024)

Le nickel Ni(s) cristallise dans une maille cubique à faces centrées (cfc) avec un paramètre de maille donné par :  $a = 0,352$  nm. On plonge un cube de fer de côté :  $c = 2,0$  cm. dans une solution aqueuse de sulfate de nickel ( $\text{NiSO}_4$ ) contenant des ions  $\text{Ni}^{2+}$  et  $\text{SO}_4^{2-}$  afin de déposer du nickel sur sa surface par électrolyse.

Après l'électrolyse, on mesure une augmentation de la masse du cube de :  $\Delta m = 0,50$  g.

L'intensité du courant utilisée est :  $i = 2,0$  A avec un rendement de l'électrolyse de :  $\eta = 90\% = 0,90$ .

Données :

- Masse molaire du nickel :  $M(\text{Ni}) = 58,7$  g.mol<sup>-1</sup>
- Nombre d'Avogadro :  $N_A = 6,022 \times 10^{23}$  mol<sup>-1</sup>
- Constante de Faraday :  $F = 96500$  C.mol<sup>-1</sup>

1. Déterminer la masse volumique du nickel.
2. Quel est le rôle du cube de fer dans l'électrolyse?
3. Calculer la durée  $\Delta t$  nécessaire à l'électrolyse en tenant compte du rendement.
4. Sachant que le nickel se dépose uniformément sur le cube, calculer l'épaisseur  $e$  du dépôt.
5. Expliquer pourquoi le rendement de l'électrolyse n'est pas parfait.

### 2 – Métal Inconnu (Appert1-2024)

On dispose d'un calorimètre de capacité thermique  $C_{\text{cal}} = 50$  J.K<sup>-1</sup>, contenant une masse  $m_1 = 100$  g d'eau à une température initiale  $T_1 = 16,1$  °C.

On introduit dans ce calorimètre un objet métallique de masse  $m_2 = 25$  g, porté à une température initiale  $T_2 = 95$  °C. Après équilibre thermique, la température finale du système est  $T = 18$  °C.

1. Déterminer la masse équivalente  $\mu$  du calorimètre en eau.
2. Identifier le métal de l'objet à partir de sa capacité thermique massique.
3. Ce métal a une structure cubique à faces centrées avec un rayon atomique  $R_{\text{atomique}} = 124$  pm.
  - Faire un schéma de la maille.
  - Calculer la masse volumique du métal.
4. Le fer a tendance à se corroder. Proposer et expliquer une méthode de protection contre la corrosion.

## Données

- Nombre d'Avogadro :  $N_A = 6,02 \times 10^{23}$  mol<sup>-1</sup>
- Masse molaire du métal :  $M = 55,85$  g.mol<sup>-1</sup>
- Capacités thermiques massiques :
  - Eau :  $c_{\text{eau}} = 4185$  J.kg<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup>
  - Fer :  $c_{\text{Fe}} = 450$  J.kg<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup>
  - Aluminium :  $c_{\text{Al}} = 900$  J.kg<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup>
  - Cuivre :  $c_{\text{Cu}} = 385$  J.kg<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup>

NB : Le fer cristallise principalement en structure centré (CC) à température ambiante (à température inférieure à 912 °C). C'est la structure cristalline stable du fer à température et pression normales.

Cependant, à des températures plus élevées, le fer peut adopter une structure cubique à faces centrées (CFC).

### 3 – Epaisseur d'une lame de mica (Appert2-2024)

1. Réalisez un schéma et indiquez la composition de l'interféromètre de Michelson.

On se place en un coin d'air et on éclaire le système avec une lumière de longueur d'onde  $\lambda = 550$  nm. On observe des interférences de  $i = 1,2$  mm.

2. Calculez l'angle  $\varepsilon$ , correspondant à l'angle du coin d'air. Quelle est la forme des franges observées?

Ensuite, une lame de mica (indice optique  $n = 1,5 \pm 0,01$ ) est placée devant l'un des miroirs du système. On effectue un déplacement de  $d = 0,2 \pm 0,003$  mm pour observer des interférences à travers la lame. Nous sommes cette fois en lumière blanche de manière à pouvoir bien repérer la frange d'ordre zéro.

3. Dans quel sens faut-il déplacer le miroir (charioter)? Quelle est l'épaisseur de la lame de mica? Calculez également l'incertitude sur l'épaisseur.

### 4 – Câble Coaxial (Bairat1-2024)

On considère un câble coaxial constitué de deux cylindres conducteurs parfaits :

- **Cylindre interne** : de rayon  $a$ , parcouru par un courant de la forme  $i(z, t) = i_0 \cos(\omega t - kz)$ .
- **Cylindre externe** : de rayon  $b$ , parcouru par un courant opposé  $-i(z, t)$ .

Formulaire

➤ Rotationnel d'un champ vectoriel  $\vec{A}$  en coordonnées cylindriques :

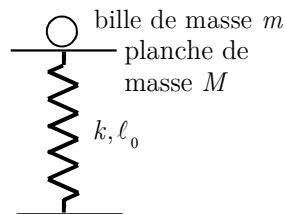
$$\text{rot } \vec{A} = \begin{pmatrix} \frac{1}{r} \frac{\partial A_z}{\partial \theta} - \frac{\partial A_\theta}{\partial A_z} \\ r \frac{\partial \theta}{\partial A_r} - \frac{\partial z}{\partial A_z} \\ \frac{1}{r} \left[ \frac{\partial (r A_\theta)}{\partial r} - \frac{\partial A_r}{\partial \theta} \right] \end{pmatrix}.$$

➤ Identité vectorielle :  $\text{rot}(\text{rot } \vec{A}) = \text{grad}(\text{div } \vec{A}) - \Delta \vec{A}$  soit  $\vec{\nabla} \wedge (\vec{\nabla} \wedge \vec{A}) = \vec{\nabla}(\vec{\nabla} \cdot \vec{A}) - \nabla^2 \vec{A}$ .

1. Quelles sont les propriétés d'un conducteur parfait ? Où sont situés les courants dans le conducteur parfait ? Quelles conséquences cela implique-t-il pour les champs électrique  $\vec{E}$  et magnétique  $\vec{B}$  ?
2. Établir les équations de propagation des champs électrique  $\vec{E}$  et magnétique  $\vec{B}$ .
3. En supposant des solutions sous la forme  $\vec{E}(r, z, t) = \vec{E}_0(r) e^{i(\omega t - kz)}$  et  $\vec{B}(r, z, t) = \vec{B}_0(r) e^{i(\omega t - kz)}$ , utiliser la forme intégrale d'une équations de Maxwell pour déterminer l'expression de  $\vec{B}_0(r)$ .
4. En déduire l'expression de  $\vec{E}_0(r)$ .
5. Calculer la puissance moyenne transportée par le câble coaxial.

### 5 – Planche et Ressort (Bairat2-2024)

(Ressemble à septours 52-2013) Une planche de masse  $M$  est accrochée à un ressort en  $O$ , l'origine du repère. (Voir schéma présent dans l'énoncé)



1. Déterminer l'abscisse d'équilibre  $z_0$  du système.
2. On place une masse  $m \ll M$  sur la planche et éloigne la planche d'une longueur  $a$  de sa position d'équilibre puis on lâche sans vitesse initiale. On suppose que la masse  $m$  est solidarisée avec la planche. Déterminer l'équation horaire du mouvement.
3. Quand est-ce qu'on peut considérer que la masse  $m$  n'est plus solidarisée avec la planche ?

### 6 – Réflexion sur 2 miroirs (Barrat1-2024)

Nous considérons une onde électromagnétique dans le vide, décrite par le champ électrique incident :  $\vec{E}_i = E_0 \cos(\omega(t - \frac{z}{c})) \vec{u}_x$

1. L'onde est-elle plane ? L'onde est-elle monochromatique ? Est-elle progressive ?
- Nous ajoutons un miroir parfaitement conducteur. L'onde réfléchie est donnée par :  $\vec{E}_r = E_0 \cos(\omega(t + \frac{z}{c})) \vec{u}_x$
2. Où doit se situer le miroir ?
  3. Calculer le champ magnétique  $\vec{B}_{\text{vide}}$  dans le vide ?
- Nous plaçons un second miroir à une distance  $L$  du premier.
4. Quelles sont les pulsations  $\omega$  permises ?

### 7 – Orbite de transfert (Barrat2-2024)

Un satellite de masse  $m$  est en orbite autour d'une planète de masse  $M_T$  sur une trajectoire elliptique. On note  $a$  le demi-grand axe de l'ellipse. On sait que :  $\frac{a^3}{T^2} = \frac{GM_T}{4\pi^2}$  et que l'énergie mécanique  $E_m$  est donnée par :  $E_m = -\frac{GM_T m}{2a}$

1. Démontrez ces deux formules dans le cas d'une trajectoire circulaire.
- Une navette souhaite effectuer des réparations sur le satellite. Elle est alors sur la même orbite circulaire que le satellite à une distance  $D$ , et pour économiser du carburant, choisit de ralentir ses réacteurs pour se retrouver au niveau du satellite plus tard.
2. Justifiez la décision de la navette.
  3. Quelle est alors la période pour que la navette rejoigne le satellite (en fonction de  $D$ ) ?

### 8 – Volant d'inertie (Bridonneau1-2024)

On considère un volant d'inertie de masse  $m = 800$  kg, de rayon  $R = 4,2$  m et de hauteur  $h = 68$  cm.

La vitesse maximale de rotation du système est donnée par :  $\Omega_{\text{lim}} = 22800$  tr/min

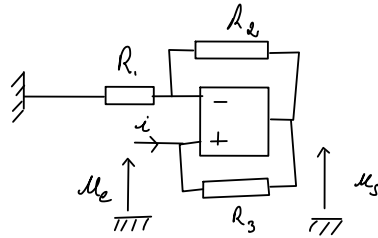
On rappelle la formule du moment d'inertie du volant :  $J = \frac{1}{2} \rho \pi r^4 h$

1. Déterminer l'énergie maximale stockée par le volant. Sous quelle forme cette énergie est-elle conservée ?
- On relie le volant à un moteur fournissant un couple  $C_m = 600$  N.m. En tenant compte des frottements, caractérisés par un couple résistant  $f = \alpha \omega$ , avec  $\alpha$  coefficient à déterminer par la suite. Inertie du moteur est notée  $J_M$ .
2. Donner l'équation qui est régie par  $\omega$  ? Déterminer un temps caractéristique  $\tau$ . Donner la forme de  $\omega$  (résoudre l'équation différentielle).
  3. On néglige  $J_M$ , déterminer  $\tau$  et  $\alpha$  puis faire les applications numériques.

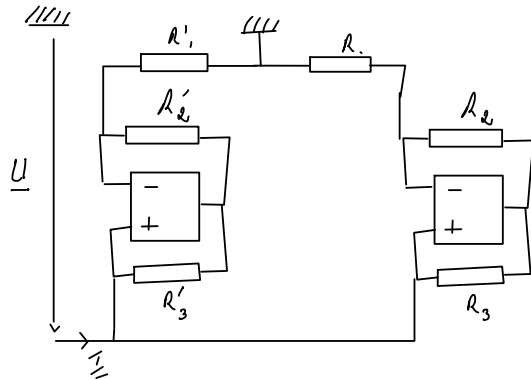
4. On branche à un alternateur de couple  $C_a = 4 \text{ N.m}$ . On néglige  $J_a$ , calculer le temps de décharge. Conclure quand à l'utilité du système.

**9 – Elec (Bridonneau2-2024)**

1. Donner  $i$  en fonction de  $u_e$  en régime linéaire puis en fonctionnement saturé.



2. Donner  $I$  en fonction de  $U$ . Quel est l'intérêt d'un tel montage?



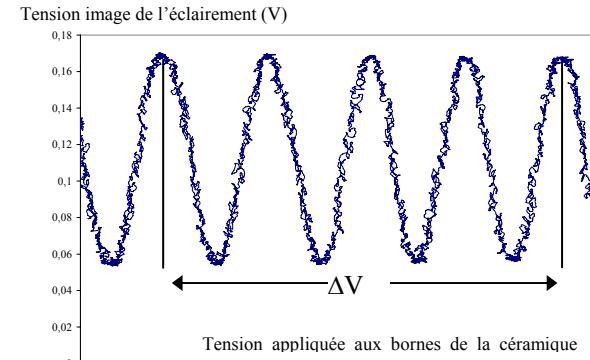
**10 – Matériau piézoélectrique (Cussac1-2024)**

On a un matériau piézoélectrique auquel on applique un champ électrique  $\vec{E}$  qui va avoir pour effet de le déformer. On note :  $\frac{\Delta l}{l} = d_z \times E$

- $d_z$  : coefficient piézoélectrique
- $\Delta l$  : variation de longueur du matériau
- $U$  : différence de potentiel appliquée aux bornes du matériau

1. a. Quelle est l'unité de  $d_z$ ?
- b. Exprimer  $\Delta l$  en fonction de  $d_z$  et de  $U$ , la différence de potentiel appliquée aux bornes du matériau.

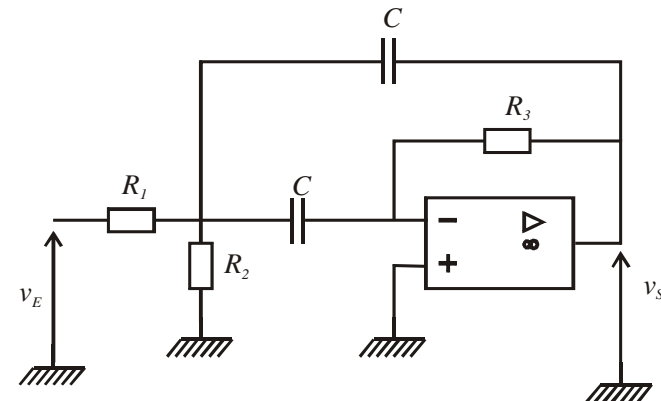
On place un capteur sur le miroir d'un interféromètre de Michelson en lame d'air de telle sorte que la déformation du matériau fasse bouger le miroir. On a une longueur d'onde  $\lambda = 650 \text{ nm}$ . On applique une tension aux bornes du matériau entre 0 et 100 V. On place au centre de la figure d'interférence un capteur photo-sensible qui renvoie une tension en fonction de l'éclairement.



2. a. Quelles sont les conditions d'éclairage en lame d'air? Quel est le nom de la figure d'interférence de sortie? Où peut-on l'observer?
- b. Déterminer la valeur de  $d_z$ .

**11 – Filtre de Rauch (Cussac2-2024)**

On considère le circuit suivant :

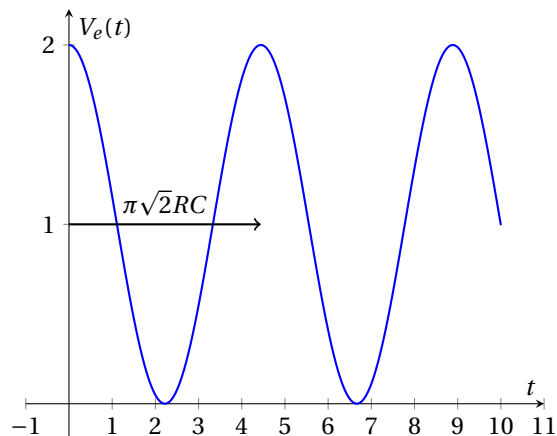


1. Justifiez pourquoi le circuit fonctionne de manière linéaire.
2. Sans effectuer de calculs détaillés, justifiez la nature du filtre réalisé par ce circuit.

3. On suppose que les trois résistances ont la même valeur  $R$ , montrez que la fonction de transfert du circuit est donnée par :

$$H(j\omega) = \frac{2mH_0 \frac{j\omega}{\omega_0}}{1 + 2m \frac{j\omega}{\omega_0} - \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}$$

4. Soit le signal d'entrée suivant :



Déterminez l'expression du signal de sortie  $V_s(t)$  en fonction du signal d'entrée.

## 12 – Propagation d'une OEM dans l'eau (Daouakha1-2024-Desanlis-Lestage-Sarrailha)

Pour son TIPE, Camille place dans une boîte étanche un smartphone dont elle a activé le Bluetooth. Elle immerge ensuite cette boîte dans de l'eau, mais elle se plaint de ne plus capter le signal Bluetooth du téléphone. L'objectif de cet exercice est d'expliquer cela. Pour cela, on modélise le signal Bluetooth par une onde électromagnétique (OEM) de fréquence 2,4 MHz avec :

$$\vec{E} = E_0 e^{i(\omega t - kx)} \vec{u}_y.$$

L'eau a une conductivité de  $500 \mu\text{S}/\text{cm}$ . On considèrera que la permittivité relative dans la piscine est  $\epsilon_r = 78,5$ .

On rappelle que :  $\vec{\text{rot}} (\vec{\text{rot}} \vec{A}) = \vec{\text{grad}} (\text{div} \vec{A}) - \Delta \vec{A}$

- Établir l'équation vérifiée par le champ  $\vec{E}$ .
- Établir la relation de dispersion.

3. Discuter de la possibilité de propagation des ondes à la fréquence du protocole Bluetooth.

## 13 – Synthèse de l'ammoniac (Daouakha1-2024-Desanlis)

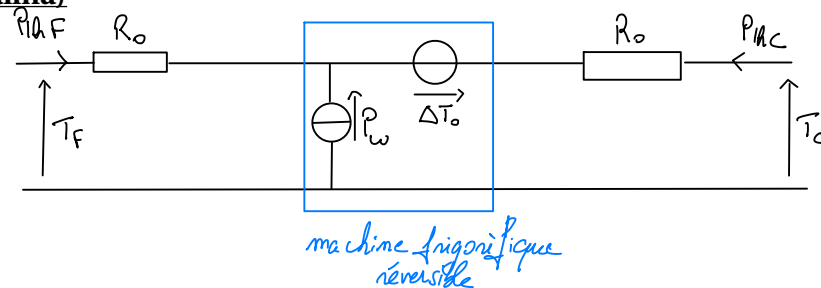
Un industriel cherche à produire du  $\text{NH}_3$  à l'aide de diazote et de dihydrogène. On donne les tableaux suivants :

Espèces	$\text{NH}_3$	$\text{H}_2$	$\text{N}_2$
$\Delta_f H^\circ$ (en $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ )	-46,3	0	0
$S_m^\circ$ (en $\text{J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ )	192,7	130,6	191,5

- Écrire la réaction de la synthèse à partir d'une mole de diazote.
- Est-ce une réaction acido-basique ou d'oxydoréduction?
- La synthèse est-elle favorisée à haute ou basse température? La synthèse est réalisée à une température de  $500^\circ\text{C}$ . Expliquez ce choix.
- La synthèse est-elle favorisée à haute ou basse pression?
- Calculer la constante d'équilibre à  $500^\circ\text{C}$ .
- On part des réactifs seuls pris dans les proportions stœchiométriques en notant  $n_0$  la quantité de diazote. On définit le taux de conversion  $\alpha = \xi/n_0$ . Calculer ce taux de conversion.

## 14 – Machine thermique (Descombes1-2024)

Nous modélisons une machine frigorifique ditherme qui fonctionne en régime permanent par le schéma électrique suivant :



- Expliquer le fonctionnement de la machine en vous appuyant sur le schéma électrique.
- Sur quelles propriétés thermodynamiques sont basées :
  - > La loi des mailles,
  - > La loi des nœuds.

Pourquoi une telle machine ne peut-elle être réversible?

3. Donner l'efficacité maximale de la machine ditherme. Pour quelle valeur de  $\Delta T_0$  l'efficacité du cycle réel est-elle maximale?

4. Démontrer la relation :

$$\frac{P_{thC}}{T_C - P_{thC}R_0} = - \frac{P_{thF}}{T_F - P_{thF}R_0} \quad (1)$$

5. Quel changement si  $P_{thC}$  était fléché vers la droite?

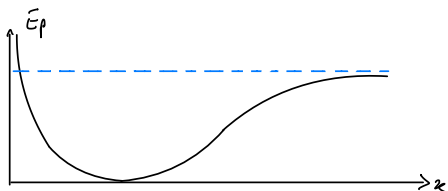
### 15 – Modélisation d'un molécule diatomique (Descombes2-2024)

Soit une molécule diatomique dont les deux atomes ne peuvent se déplacer que sur la direction ( $Ox$ ). En notant  $x$  la distance interatomique, l'énergie potentielle d'interaction s'écrit, selon la relation de Morse :

$$E_p(x) = E_0 [1 - e^{-a(x-r_0)}]^2$$

avec  $E_0$ ,  $a$  et  $r_0$  des constantes réelles positives.

1. Déterminer la distance interatomique d'équilibre, appelée longueur de liaison à l'équilibre  $x_{\text{éq}}$  et compléter le schéma de l'énergie potentielle.



Quelle est la dimension de  $a$ ?

2. On s'intéresse aux petits mouvements autour de la position d'équilibre :  $x = x_{\text{éq}} + \varepsilon$ , avec  $|\varepsilon| \ll x_{\text{éq}}$ . Déterminer  $f_0$ , la fréquence des petites oscillations autour de la position d'équilibre.

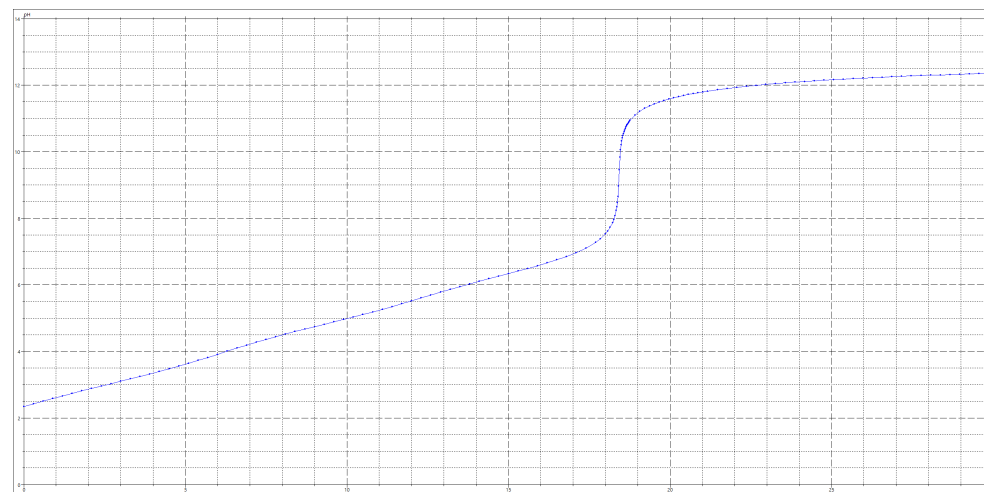
### 16 – Titrage d'un jus de citron (Ferchal1-2024)

L'acide citrique est présent dans de nombreux organismes vivants ; il est particulièrement abondant dans le citron, dont il tire son nom, mais il est également produit de manière synthétique en quantités très importantes. Il joue un rôle majeur en biochimie, intervenant notamment dans le cycle de Krebs parfois appelé cycle de l'acide citrique (la plus grande

partie de l'énergie produite par la respiration cellulaire est issue de ce cycle). Il est également très utilisé dans l'industrie agroalimentaire (exhausteur de goût, régulateur de pH, etc.)

On dispose d'un jus de citron. L'acide de ce jus est principalement l'acide citrique. Le pH  $\approx 1.9$ .

1. Donner le diagramme de prédominance de l'acide? Peut-on négliger des espèces? Quelle forme est dans le jus?
2. On donne le diagramme du pH-métrique de titrage de l'acide dilué 10 fois par l'hydroxyde de sodium ( $C_0 = 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$ ). Le volume de jus prélevé est  $V_{\text{prélevé}} = 20 \text{ mL}$ .



- On pouvait s'y attendre?
- Expliquer pourquoi.
- Si la tendance n'est pas celle attendue, pourquoi?
- Expliquer certaines parties de la courbe (début, fin, points sauts...).

3. **Teneur en acide?** (Il faut comprendre la masse d'acide dans 100 mL de jus.)

Données :

**Acide :** Formule brute de l'acide citrique :  $C_6H_8O_7$

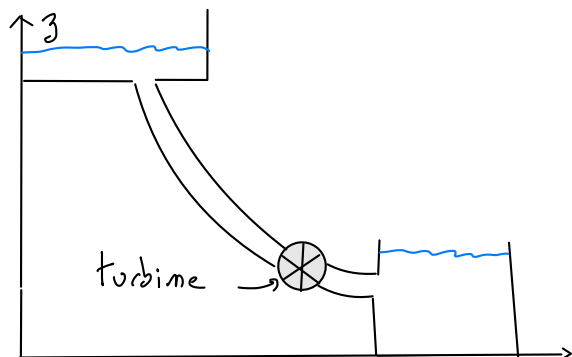
$pK_{a1} = 3,1$ ,  $pK_{a2} = 4,8$ ,  $pK_{a3} = 6,1$ .

### 17 – Barrage hydraulique (Ferchal2-2024)

Hauteur du bassin supérieur : 703 m

Différence de hauteur entre les deux bassins : 473 m

Puissance nominale de la turbine : 915 MW



On se s'intéresse qu'à la descente.

Tranche utile :  $30 \times 10^6 \text{ m}^3$   $D_V = 240 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$   $\rho = 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

1. Faire un bilan de puissance pour la turbine.
2. Exprimer la puissance de la turbine. La calculer. Expliquer les potentiels écarts.
3. Combien de temps pour tout vider? Quelle énergie sur une descente? Comparer avec la stat de 2019, 1053 GWh avec un rapport de 14% entre le temps réel d'utilisation et le temps total sur l'année.

### 18 – Champ créé pas une structure chargée (Ferchaud1-2024)

Sur l'axe  $Ox$ , on place une particule de charge  $2q$  en 0 et deux de charge  $-q$  en  $a$  et  $-a$ . On se place en coordonnées polaires et à une distance  $r \gg a$ .

1. Montrer que le potentiel s'écrit :

$$V(r, \theta) = \frac{qa^2}{4\pi\epsilon_0 r^3} (1 - 3\cos^2(\theta))$$

(On donne :  $\frac{1}{\sqrt{1+u}} = 1 - \frac{1}{2}u + \frac{3}{8}u^2$  quand  $u \rightarrow 0$ .)

2. Donner le champ  $\vec{E}$  associé.
3. Si on place la structure (les particules) dans un champ  $\vec{E} = E_0(x)\vec{u}_x$ , quelle est la force appliquée sur celle-ci?

### 19 – Rotation d'un plateau et mobile (Ferchaud2-2024)

Je soupçonne Guilhem d'avoir oublié des questions. Donc, si vous ne voyez pas comment faire, traitez l'exercice suivant où j'ai rajouté des questions.

On a un plateau en rotation libre autour d'un axe, d'inertie  $I$  et de rayon  $R$ . Sur ce plateau, un mobile de masse  $m$  décrit un cercle de rayon  $a < R$  (autour de l'axe du plateau).

1. De quel angle le plateau a-t-il tourné lorsque le mobile a fait un tour complet du plateau?

### 20 – Rotation d'un plateau et mobile (Ferchaud2-2024-rajout-questions)

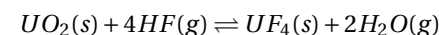
On considère un plateau en rotation libre autour d'un axe vertical passant par son centre. Le plateau a un moment d'inertie  $I$  par rapport à cet axe et un rayon  $R$ . Sur ce plateau, un mobile de masse  $m$  peut se déplacer sans frottement et sans glissement sur un cercle de rayon  $a < R$ , centré sur l'axe du plateau.

1. Quel est le moment cinétique total du système (plateau + mobile) au repos initial?
2. Lorsque le mobile se met à tourner avec une vitesse angulaire  $\omega_m$ , exprimer la vitesse angulaire  $\omega_p$  du plateau en fonction de  $m$ ,  $a$ ,  $I$ , et  $\omega_m$ .
3. De quel angle  $\theta_p$  le plateau a-t-il tourné lorsque le mobile a fait un tour complet du plateau autour de l'axe?

### 21 – Enrichissement de l'uranium (Golfier1-2024)

1. Le Numéro atomique de l'oxygène est  $Z = 8$ . Quel ion stable l'oxygène est-il susceptible de former?
2. Proposer un ion de l'uranium sachant que le cristal  $UO_2$  existe.
3. Les cations occupent les nœuds d'une structure cristalline cubique à faces centrées. Quels sont les sites interstitiels possibles? Lesquels sont occupés par les anions? Dessiner alors la maille de  $UO_2$ .

On considère la réaction suivante, qui a lieu lors du processus industriel d'enrichissement de l'uranium :



Les données suivantes sont fournies :

	$UO_3(s)$	$H_2(g)$	$UO_2(s)$	$H_2O(g)$	$HF(g)$	$UF_4(s)$	$U(s)$
$S^\circ$ ( $J \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}$ )	98,6	130,6	77,8	188,8	173,5	151,1	50,3
$\Delta H_f^\circ$ ( $kJ \cdot mol^{-1}$ )	-1264		-1130	-242	-269	-1854	

4. Calculer  $K^\circ$  à  $200^\circ C$ .

On a la situation suivante :

Espèce	$UO_2$	$HF$	$UF_4$	$H_2O$
Qté de matière (mol)	1	4	0	0

La constante de la réaction est  $K^\circ = 100$ .

5. On souhaite un taux d'avancement  $x = 0,95$  pour l'uranium. Donner la pression de travail.

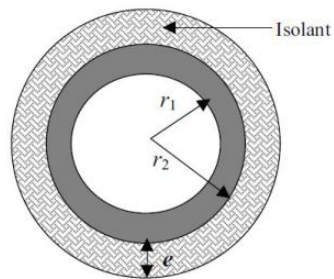
6. Donner la relation de Van't Hoff, en déduire alors l'effet de l'élévation de température sur la réaction.

## 22 – Isolation d'une conduite de vapeur (Golfier2-2024)

On considère une conduite cylindrique en acier de rayon interne  $r_1$  et de rayon externe  $r_2$  et de longueur  $L = 2$  m. On note  $\lambda_a$  la conductivité thermique de l'acier.

Elle canalise une vapeur surchauffée de température  $T_i = 650^\circ\text{C}$ . L'air extérieur est à la température  $T_e = 20^\circ\text{C}$ .

On isole cette canalisation à l'aide d'un isolant d'épaisseur  $e$ , de forme cylindrique et de conductivité thermique  $\lambda_i$ .



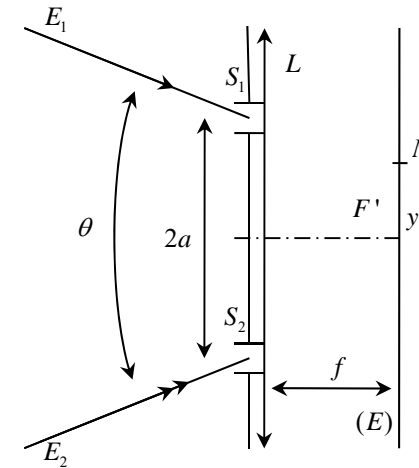
On rappelle les expressions des résistances thermiques :

- Pour une diffusion radiale entre les rayons  $R_1$  et  $R_2 > R_1$  dans un milieu de conductivité thermique  $\lambda$  et de longueur  $L$  :  $R_D = \frac{1}{2\pi\lambda L} \ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)$
- Associée au flux de Newton sur une surface d'échange  $S$  avec un coefficient conducto-convectif  $h$  :  $R_N = \frac{1}{hS}$

1. Est-il vrai qu'un isolant épais assure nécessairement une meilleure isolation?
2. Quelle est la condition sur  $e$  pour avoir une isolation efficace?

## 23 – Étoile double (Labeyrie1-2024)

Avec un télescope dont l'objectif est assimilable à une lentille mince de distance focale  $f$ , on observe une étoile double (donc deux étoiles) émettant une lumière quasi-monochromatique de longueur d'onde  $\lambda$ .



On colle à l'objectif un écran opaque percé de deux fentes infiniment fines et parallèles  $F_1$  et  $F_2$  distantes de  $2a$ . Les deux composantes  $E_1$  et  $E_2$  de l'étoile double ont la même intensité, et sont symétriques par rapport au plan bissecteur de  $F_1F_2$ , et vues sous l'angle  $\theta$  (petit).

1. Schéma et tracé de rayons commenté.
2. Calcul de l'intensité dans le cas d'une seule étoile, calcul de l'intensité avec les deux étoiles.
3. Exprimer la fonction contraste.
4. Quelle est la condition sur  $2a$  pour que l'éclairement de l'écran soit uniforme.
5. Si  $2a = 52$  mm ( $2a$  est l'écart entre les trous), à quelle abscisse on observe les maxima?
6. Quel est l'angle entre les deux planètes si la distance  $2a$  peut varier?

## 24 – Mesure inductance mutuelle (Labeyrie2-2024)

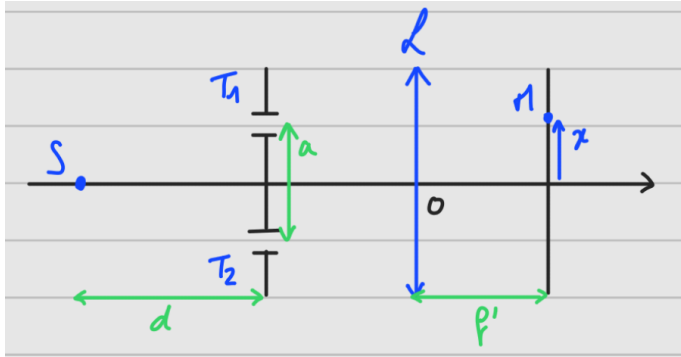
On a deux bobines COAXIALES identiques, dont on cherche l'inductance mutuelle. Sur la première bobine, on branche en série une résistance  $R = 100\ \Omega$ . On mesure aux bornes de la seconde une tension à l'aide d'un oscilloscope. On envoie à la première bobine un signal triangulaire tel que  $\Delta E = 1,42$  V (crête à crête) avec une période  $T = 1$  ms..

1. Faire un schéma de la situation.
2. Quelle est la forme de la tension  $U$  mesurée aux bornes de la deuxième bobine?
3. Calculer l'inductance mutuelle si  $\Delta U = 0,39$  V et que la tension est en créneaux.

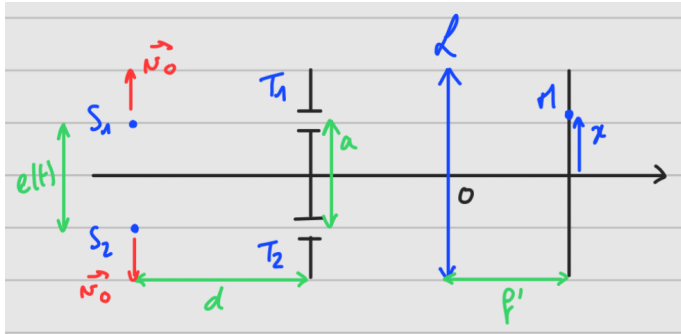
## 25 – Trous d'Young mobiles (Lafarge1-2024)

La source  $S$  est monochromatique de longueur d'onde  $\lambda$ . Le point  $M$  a pour ordonnée  $x$ .

1. Tracer les rayons qui partent de la source pour arriver au point  $M$ .



2. Déterminer l'ordre d'interférence au point M en fonction de  $x$ .



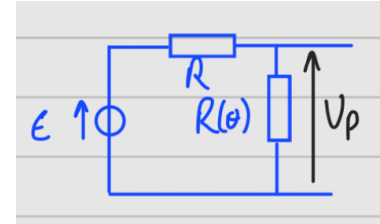
3. On considère deux sources  $S_1$  et  $S_2$  de même longueur d'onde. Elles s'écartent de l'axe optique avec une vitesse  $v_0$ . On suppose que  $e(t) \ll d$ . Démontrer que la figure d'interférence se brouille périodiquement et déterminer sa période.

### 26 – Conditionneur thermique (Lafarge2-2024)

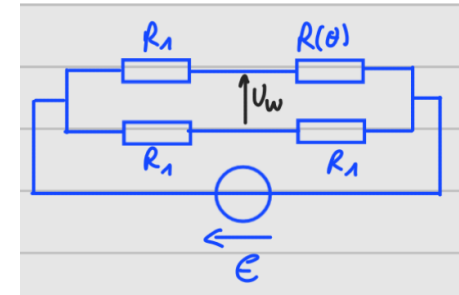
Certaines résistances possèdent une résistance variable en fonction de la température. On admet que :

$$R(\theta) = R_0(1 + \alpha(\theta - \theta_0))$$

On étudie un premier conditionneur.



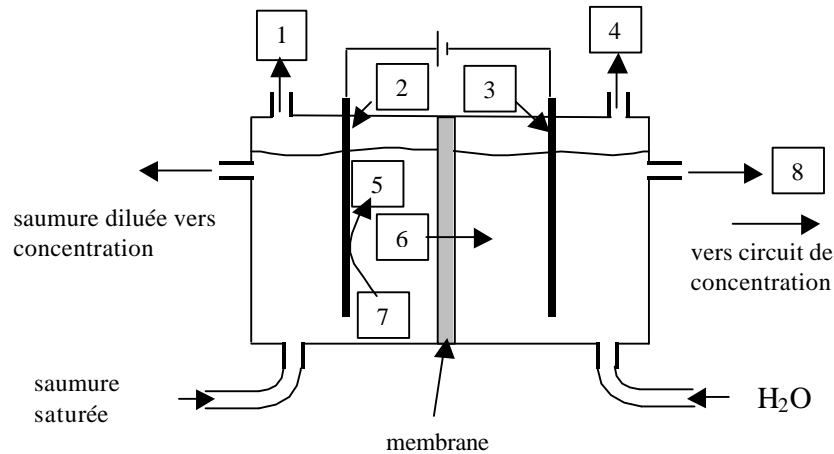
1. Déterminer  $U_p$  en fonction des données de l'énoncé. On considère un deuxième conditionneur.



2. Déterminer  $U_w$  en fonction de  $R(\theta)$ . Pour quelle valeur de  $R_1$  a-t-on  $U_w = 0$ ?  
 3. On donne  $R_0 = 10 \text{ k}\Omega$ ,  $\alpha = 100$ ,  $\theta_0 = 0^\circ \text{C}$ . Comparer les deux conditionneurs pour une variation de  $\theta$  de  $0^\circ \text{C}$  à  $1^\circ \text{C}$ . Quel est le meilleur conditionneur?

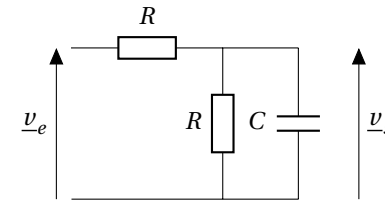
### 27 – Electrolyse du chlore (Lanuza1-2024)

Un schéma de principe d'une cellule à membrane est représenté ci-après :



- Quelle est la tension de l'électrolyse?
- Quel temps faut-il pour produire  $V_0 = 1 \text{ m}^3$  de dichlore si l'électrode a une surface  $S = 1 \text{ m}^2$ ?
- Quel est l'intérêt de prendre  $j = 100 \text{ kA}\cdot\text{m}^{-2}$ ? Pourquoi, en pratique, ne le fait-on pas?

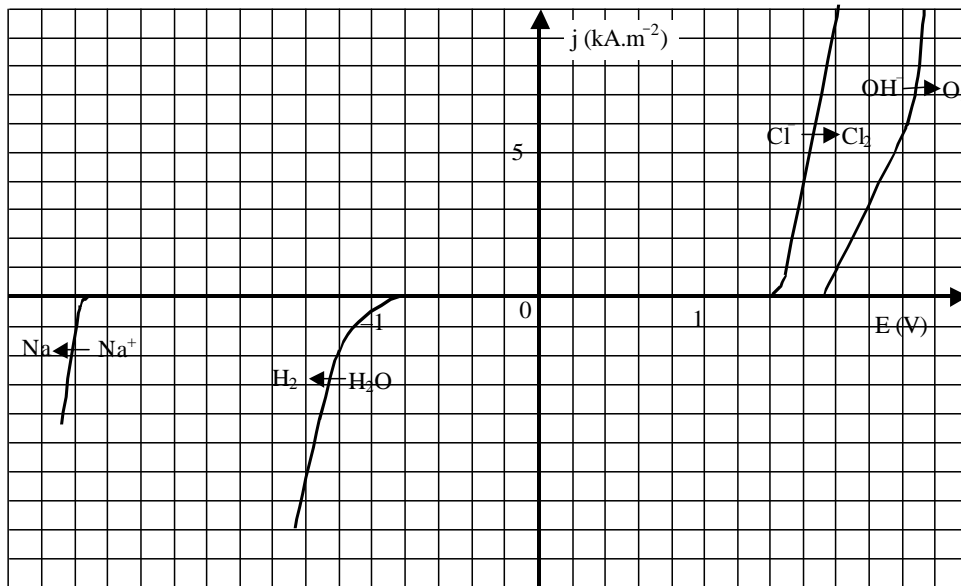
### 28 – Filtre (Lanuza2-2024)



$R = 1 \text{ k}\Omega$ ,  $C$  à déterminer

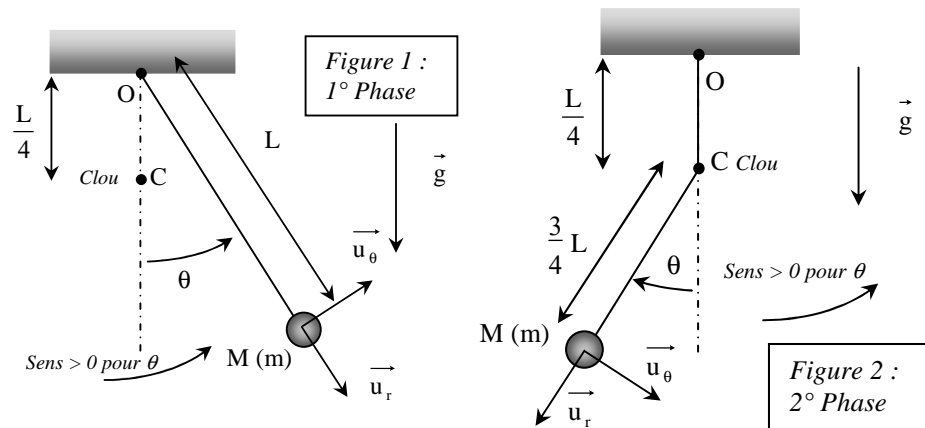
- Quel est l'ordre de grandeur des impédances d'un GBF et d'un oscilloscope? Peut-on les négliger?
- Réalisez une analyse asymptotique et en déduisez la nature du filtre.
- Calculez la fonction de transfert.
- À l'aide du diagramme de Bode fourni, déterminez  $C$  (en trouvant l'intersection de l'asymptote, ce qui donne  $f = 1700 \text{ Hz}$ ).
- Nous disposons d'un oscilloscope en mode DC. Que signifie cette configuration (littéralement)? À quoi cela correspond-il en termes de ce qui est visualisé? Si un signal créneau est appliqué, que voit-on à l'écran de l'oscilloscope en mode DC?  
**Remarque :** J'ai confondu l'oscilloscope en mode DC et le voltmètre en mode DC, ce qui explique probablement pourquoi il m'a posé plusieurs questions à ce sujet.
- Question bonus :** Qu'est-ce qu'un signal alternatif? Qu'est-ce qu'un signal périodique? Dessinez le spectre d'un signal. S'il y a une composante continue, quel impact cela a-t-il? Comment représente-t-on un signal sous forme de série de Fourier? Quelles différences cela implique-t-il lorsqu'il y a une composante continue?

### 29 – Mouvement d'un pendule avec un clou (Lion1-2024)



Donnée :  $j = 4 \text{ kA}\cdot\text{m}^{-2}$  (En réalité, il y a eu une erreur d'énoncé : on m'avait donné  $j$  en  $\text{A}\cdot\text{m}^{-2}$ .)

- Quelle est la réaction d'électrolyse? Identifier les cases 1 à 8.
  - Questions bonus : À quoi sert le pont salin? Connaissez-vous des solutions pour le pont salin? Qu'est-ce qu'un anion/cation?



On met un clou en C. Un pendule de masse  $m$  n'a pas de perte énergétique lorsque le fil s'enroule autour du clou. On suppose que  $\theta_0 \ll 1$  et  $\theta \ll 1$ .

1. Équation du mouvement pendant la première phase.
2. Temps  $t_1$  pour lequel le pendule change de phase (temps pour que le pendule rencontre le clou).
3. Équation du mouvement dans la seconde phase.
4. (Non précisé, je rajoute donc :) Résoudre l'équation et durée de cette phase.

### 30 – Plasma (Lion1-2024)

L'atmosphère est composée d'électrons mobiles de charge  $-e$ , de densité  $N$ , de masse  $m$  et d'ions fixes. La composante magnétique de la force de Lorentz est négligée. Le champ électrique est donné par :

$$\vec{E} = E_0 \cos(kx - \omega t) \vec{u}_x$$

1. Équation différentielle vérifiée par  $\vec{v}$ . Montrer que  $\vec{v} = A \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$ . Trouver  $A$ .
2. Expression de  $\vec{x}$ , position de l'électron. Amplitude de  $\vec{x}$ ?
3. Montrer qu'il existe une densité de courant  $\vec{j}$  telle que :  $\vec{j} = \alpha \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$ . Trouver  $\alpha$ .
4. (Non traité, donc je rajoute) Équation différentielle sur  $\vec{E}$ ?
5. (Non traité, donc je rajoute) Déterminer la relation de dispersion.

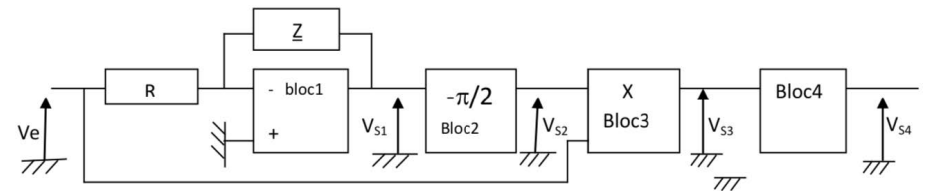
### 31 – Réactance-mètre (Mareille1-2024)

Un dipôle possède une impédance complexe :

$$Z = R_d + jX$$

de résistance  $R_d$  connue et de réactance  $X$ .

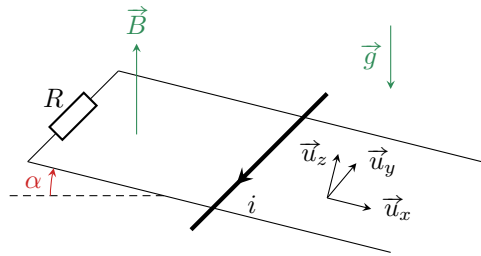
Le dispositif de mesure de  $X$ , représenté ci-dessous, est alimenté par la tension :  $v_e(t) = V_{em} \cos(\omega t)$ .



1. a. On pose  $Z = Ze^{j\phi}$ . Trouver une relation entre  $X$ ,  $Z$  et  $\phi$ .  
b. Discuter le signe de  $X$  selon  $\phi$ .  
c. Citer un dipôle de réactance négative.
2. L'ALI du bloc 1 est idéal et fonctionne dans le domaine linéaire. La tension  $v_{s1}(t)$  s'écrit :  $v_{s1}(t) = V_{s1m} \cos(\omega t + \psi)$ . Déterminer  $V_{s1m}$  et  $\psi$  en fonction de  $Z$ ,  $R$ ,  $V_{em}$  et  $\phi$ .
3. Le bloc 2 est un déphaseur :  $v_{s2}(t)$  est déphasée de  $-\frac{\pi}{2}$  par rapport à  $v_{s1}(t)$ . Le bloc 3 est un multiplicateur :  $v_{s3}(t) = K v_{s2}(t) v_e(t)$ ,  $K > 0$ .  
a. Montrer que :  $v_{s3}(t) = A [\sin(2\omega t + \psi) + \sin \psi]$  et expliciter  $A$  en fonction de  $K$ ,  $Z$ ,  $R$  et  $V_{em}$ .  
b. Représenter le spectre fréquentiel de  $v_{s3}(t)$ .  
c. Écrire la composante continue  $U_3$  de  $v_{s3}(t)$  et montrer qu'elle contient toute l'information sur  $X$ .
4. Le filtre du bloc 4 permet de réaliser la fonction  $v_{s4}(t) = U_3$ .  
a. Quelle est la nature de ce bloc?  
b. Proposer un montage simple du bloc 4 à l'aide d'un condensateur de capacité  $C = 1 \mu F$  et d'une boîte à décade ohmique.  
c. Expliquer comment l'enregistrement de  $v_s(t)$  permet de trouver la réactance  $X$ .

### 32 – Rail incliné (Mareille2-2024)

Un barreau métallique de masse  $m$  glisse sous l'effet de son poids sur deux rails conducteurs, séparés d'une distance  $d$  et inclinés d'un angle  $\alpha$  par rapport à l'horizontale. Les rails sont fermés sur une résistance  $R$ , et un champ magnétique uniforme  $\vec{B}$ , dirigé selon la verticale ascendante, règne entre eux. Les frottements sont négligés. On repère par  $x(t)$  la position du barreau le long des rails. La vitesse initiale du rail vaut  $v_0$  vers le bas.



1. La force de Laplace accélère-t-elle ou freine-t-elle la chute du barreau? En déduire le sens du courant  $i$  qui circule dans le circuit. Le barreau peut-il s'immobiliser?
2. Exprimer la force de Laplace  $\vec{F}_L$  qui s'exerce sur le barreau mobile en fonction de  $i$ ,  $d$ ,  $B$  et  $\alpha$ .
3. Établir l'équation électrique.
4. En déduire l'équation différentielle vérifiée par la vitesse  $v$ , puis la résoudre.
5. Faire un bilan de puissance.

### 33 – Structure de la Terre (Martell1-2024)

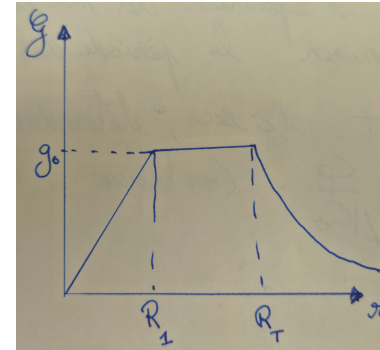
On assimile la Terre à une boule de centre  $O$  de rayon  $R_T = 6400$  km et de masse  $M_T = 5,9722 \times 10^{24}$  kg supposée répartie uniformément dans un premier temps.

1. En réalisant une analogie entre la force électrostatique de Coulomb entre deux charges et la force gravitationnelle entre deux masses, établissez l'expression du théorème de Gauss :

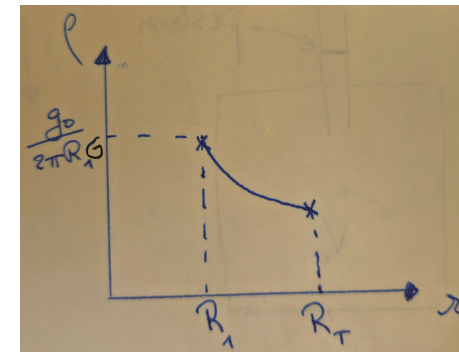
$$\iint \vec{g} \cdot d\vec{S} = -4\pi GM_{\text{int}}$$

2. Déterminer  $\vec{g}(r)$  pour tout point de la Terre en fonction de  $r$ ,  $R_T$ ,  $M_T$  en un premier temps, puis en fonction de  $r$ ,  $g_0$  et  $R_T$ . Tracer le profil de  $\mathcal{G}$  en fonction de  $r$ .

On réalise des mesures et on se rend compte qu'il est plus exact de représenter la Terre comme un noyau de rayon  $R_1$  et un manteau de rayon  $R_T$ , et que  $\mathcal{G}$  a alors le profil suivant :

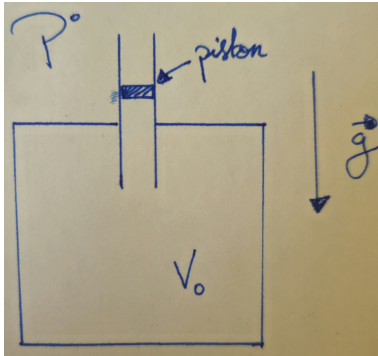


3. Déterminer ainsi  $\rho(r)$  en tout point et compléter la courbe.



### 34 – Détermination de gamma (Martell2-2024)

On considère un piston de section  $S = 2$  cm<sup>2</sup> et de masse  $m = 20$  g. Le piston se déplace dans un tube qui est relié à une enceinte de volume  $V_0 = 10$  L. À l'instant initial, le piston est à la position  $z = 0$  (on le prend comme origine) et le système exerce une pression  $P_0 = 1$  bar égale à la pression atmosphérique. On prend l'axe  $z$  vers le bas et on suppose la transformation réversible.



1. Déterminer l'expression de la résultante des forces de pression sur le piston.
2. Après avoir justifié pourquoi on peut considérer que la transformation est adiabatique, montrer en supposant la variation de volume  $V$  très petite devant  $V_0$  que :

$$P = P_0 \left( 1 + \frac{\gamma S}{V_0} z \right)$$

3. Déterminer l'équation du mouvement du piston selon  $z$  et déterminer la période des oscillations  $T$ .
4. On mesure  $T = 1.2$  s, déterminer alors le rapport  $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$ . (On trouve 1,4 et il faut donc commenter le résultat)

### 35 – Piège de Paul (Nguyen1-2024)

Une particule chargée dans un piège de Paul subit une énergie :

$$E_p(z) = \frac{1}{2} m \omega_z^2 z^2$$

Ici, deux ions  $\text{Ca}^{2+}$  sont à l'équilibre dans ce piège. On peut les voir par fluorescence sur la photo deux points séparés de  $10 \mu\text{m}$ . Les particules ne peuvent se déplacer que selon l'axe  $z$ .

1. Donner les positions d'équilibre des particules.
2. Que faire pour obtenir des oscillations? Dans ce cas, donner la pulsation. (Non traité).  
(Si on essaie de raisonner par l'énergie, mais il m'a dit que vu que les deux particules sont mobiles, je n'avais pas le niveau d'étude nécessaire. Il faut alors étudier les forces.)  
On donne :

$$m_{\text{Ca}} = (\text{je ne sais plus}), \quad E_0 = (\text{je ne sais plus})$$

### 36 – Onde électromagnétique entre deux conducteurs (Nguyen2-2024)

Les demi-espaces  $z < -a$  et  $z > a$  sont des conducteurs parfaits. On a :

$$\vec{E} = f(z) \cos(\omega t - kx) \vec{e}_y$$

1. Établir l'équation de propagation de  $\vec{E}$ .
2. En utilisant la continuité de la composante tangentielle, donner l'équation vérifiée par  $f(z)$ .
3. Montrer que  $k$  est quantifié et qu'il existe un  $\omega_{\min}$ . Donner  $\omega_{\min}$ .
4. Trouver  $a$  pour que l'onde soit monomode si le générateur impose une pulsation  $\omega_0$ .

### 37 – Chute d'un arbre (Potier1-2024-Malot1)

On étudie la chute d'un arbre et on souhaite connaître la durée nécessaire pour qu'il touche le sol une fois tranché à sa base.

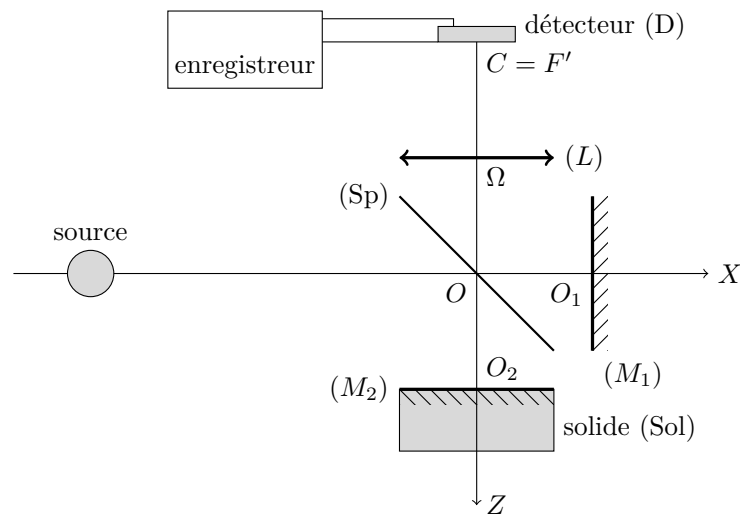
On modélise la situation par une tige homogène de hauteur  $L = 10$  m et de masse  $m$ , qui bascule depuis un angle initial  $\theta_0 = 5^\circ$ .

Le moment d'inertie de la tige par rapport à l'axe  $Oz$  est donné par :  $J = \frac{1}{3} mL^2$

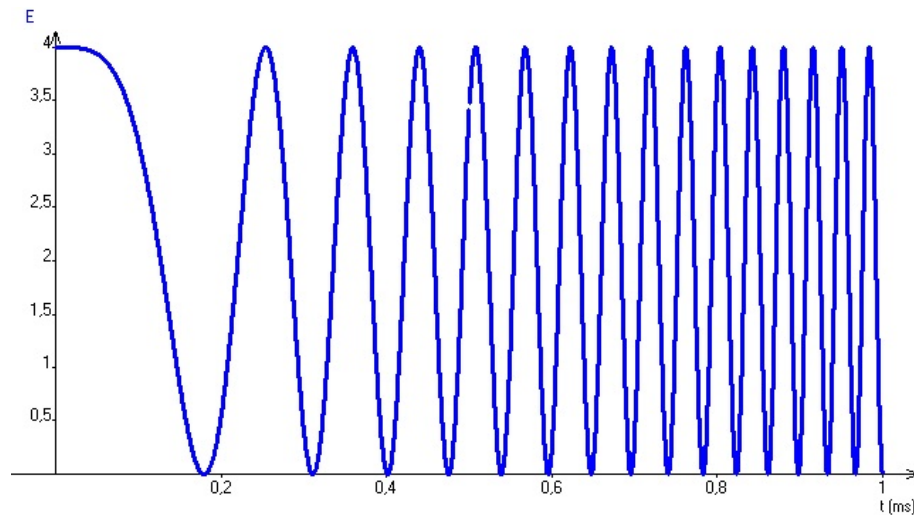
1. Montrer que l'énergie mécanique se conserve.
2. Exprimer la durée  $T$  de la chute. Puis faire l'application numérique.  
On donne le résultat numérique suivant :  $\int_{\theta_0}^{\pi/2} \frac{d\theta}{\sqrt{\cos\theta_0 - \cos\theta}} = 5,14$

### 38 – Mesure de gravité avec un Michelson (Potier2-2024-Malot2)

1. Comment éclaire-t-on un Michelson en lame d'air avec une source étendue? Où se trouve l'image et quelle est la forme des interférences?
2. Un interféromètre de Michelson est éclairé par une source monochromatique (longueur d'onde  $\lambda = 633$  nm) étendue, centrée sur l'axe  $OX$ . On note  $\ell_1$  la longueur  $OO_1$  et  $\ell_2$  la longueur  $OO_2$ . Cette longueur est variable, car  $(M_2)$  est relié à un solide (Sol) mobile en translation selon  $OZ$ . On note  $e = \ell_2 - \ell_1$ . (L) est une lentille convergente de centre optique  $\Omega$  de distance focale image  $f' = 1,0$  m et de foyer image  $F'$ .



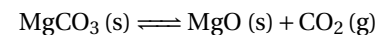
Le solide (Sol) est en chute libre. Il est lâché sans vitesse à  $t = 0$  et  $e(t = 0) = 0$ . Le graphe ci-contre représente l'éclairement au point  $F'$  en fonction du temps.



Commenter le graphe.  
En déduire la valeur du champ de pesanteur terrestre  $g$ .

### 39 – Équilibre chimique (Poher1-2024)

On considère la réaction d'équilibre suivante :



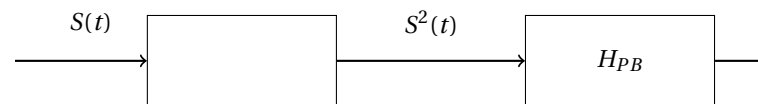
avec une constante d'équilibre  $K = 2$ .

Initialement, on a un récipient vide de volume  $V = 200\text{L}$  à la température  $T = 820^\circ\text{C}$ . On donne :  $R = 8,31\text{J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$ .

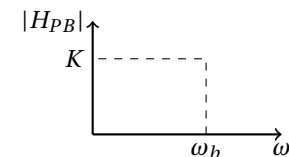
1. On introduit 5 mol de  $\text{MgCO}_3$  dans le récipient. Déterminer l'état final du système et la pression finale.
2. On augmente la température  $T$  et on observe que la pression diminue. Donner le signe de  $\Delta_r H^\circ$ . Quel est le signe selon vous de  $\Delta_r S^\circ$  ?
3. On garde la même réaction. On introduit maintenant  $n = 0,5$  mol de  $\text{MgCO}_3$ . Déterminer l'état final et la pression finale du système.

### 40 – Analyse du fonctionnement d'un détecteur (Poher2-2024)

On analyse le fonctionnement du détecteur suivant, composé de deux blocs :



Un filtre est considéré comme « idéal » si :



1. On envoie un signal sinusoïdal en entrée  $E(t)$ . Déterminer une condition sur la pulsation  $\omega$  du signal d'entrée pour que le signal de sortie du détecteur soit constant  $E_0$ .
2. On a maintenant un signal d'entrée composé de deux signaux sinusoïdaux tels que :  $s(t) = s_1(t) + s_2(t)$  sachant que  $s_1$  et  $s_2$  vérifient la condition précédente et donnent en sortie  $E_0$ . Déterminer le signal de sortie du détecteur sachant que :  $f_2 = f_1 + \delta f$  et  $\delta f < \frac{\omega_b}{2\pi} < f_1$ .
3. On considère  $f_1 = \dots$  MHz comme un signal étalon. On effectue  $2 \cdot 10^{10}$  mesures en 100 s. Déterminer une inégalité sur  $f_2$ .
4. Pas traité.

**41 – Polariseur (Predon1-2024)**

On place sur le trajet d'une onde plane progressive monochromatique se propageant dans la direction de l'axe ( $Oz$ ) et polarisée linéairement dans la direction de  $\vec{e}_x$ , un polariseur orienté pour transmettre une polarisation linéaire (comprendre « rectiligne ») perpendiculaire à ( $Oz$ ) et faisant un angle  $\theta$  par rapport au vecteur  $\vec{e}_x$ .

1. Écrire l'expression du champ électrique de l'onde avant la traversée du polariseur. En déduire l'expression du champ électrique de l'onde après traversée du polariseur. En déduire la perte relative d'énergie de l'onde.
2. On place maintenant sur le trajet de l'onde une suite de  $N$  polariseurs. Le polariseur  $n$  est orienté pour transmettre une polarisation linéaire formant un angle  $n\theta$  avec le vecteur  $\vec{e}_x$ . Que se passe-t-il?
3. On considère maintenant que  $\theta = \frac{\pi}{2N}$ . Que se passe-t-il? Combien de polariseurs faut-il utiliser pour que les pertes d'énergie soient inférieures à 1 %?

**42 – Rotation d'une onde polarisée rectilignement (Modif-Predon1-2024)**

Une onde électromagnétique plane, rectilignement polarisée selon  $Ox$ , se propage selon  $Oz$ . On désigne par  $E_0$  l'amplitude du champ électrique,  $k$  la norme du vecteur d'onde et  $\omega$  la pulsation.

On place sur le trajet du faisceau lumineux un polariseur orienté pour transmettre une polarisation rectiligne perpendiculaire à  $Oz$  et faisant un angle  $\theta$  par rapport à  $\vec{e}_x$ .

1. Donner l'expression du champ électrique de l'onde avant et après la traversée du polariseur.
2. Donner l'expression du coefficient de transmission en énergie du polariseur. Quelle est la perte d'énergie de l'onde à la traversée du polariseur?

On place maintenant sur le trajet de l'onde  $N$  polariseurs en série. Le polariseur numéro  $n$  est orienté pour transmettre une polarisation rectiligne formant un angle  $n\theta$  par rapport à la polarisation initiale de l'onde.

3. Quelle est l'amplitude du champ électrique transmis après traversée des  $N$  polariseurs?
4. On choisit dans toute la suite  $\theta = \frac{\pi}{2N}$ . Quel est l'état de polarisation final de l'onde transmise? Montrer que pour une valeur de  $N$  suffisamment grande, le dispositif précédent permet de faire tourner une polarisation rectiligne de  $\frac{\pi}{2}$  avec une perte d'énergie négligeable.
5. Combien de polariseurs faut-il utiliser pour que les pertes d'énergie de ce système soient inférieures à 1 %?

**43 – Réseau par réflexion (Predon2-2024)**

On considère un réseau par réflexion éclairé par un faisceau de lumière parallèle faisant un angle d'incidence  $i$  avec la normale au réseau.

Sur un CD, les informations sont codées en binaire (numérique). L'enregistrement est réalisé sur un sillon en forme de spirale creusé sur la surface du disque. Le pas de la spirale est  $a = 1,6 \mu\text{m}$ . Le diamètre d'un CD est  $D = 12 \text{ cm}$ .

1. « Trouver la relation sur l'ordre pour que le réseau reçoive (ou transmette?) de la lumière parallèle ». Le début de cette question est très peu clair... Peut-être fallait-il simplement établir la formule des réseaux plans par réflexion avec observation à l'infini?
2. On considère l'ordre 1, pour  $i = -10^\circ$ , déterminer les angles  $\theta_{\min}$  et  $\theta_{\max}$  pour le spectre du visible.
3. À quelle distance doit-on approcher notre œil pour observer tout le spectre du visible?

**44 – Cinétique chimique (Toujas1-2024)**

Texte introduction et on donne la réaction suivante :  $\text{S}_2\text{O}_8^{2-} + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HSO}_4^{2-} + \frac{1}{2}\text{O}_2$

La réaction est d'ordre 1 par rapport à l'ion peroxydisulfate. On donne la constante de vitesse à  $80^\circ\text{C}$ ,  $k(80^\circ\text{C}) = 2,5 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ , et l'énergie d'activation  $E_a = 75 \text{ kJ/mol}$ .

Au départ, la concentration en ions peroxydisulfate est de  $c_1 = 0,10 \text{ mol/L}$ . La solution devient inutilisable quand la concentration atteint  $0,99c_1$ .

1. Au bout de combien de temps doit-on jeter la solution à  $20^\circ\text{C}$ ? Quelle influence a  $c_1$  sur ce temps?

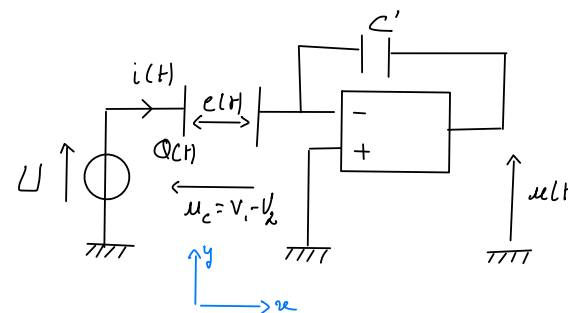
Maintenant, on mélange une solution d'ions peroxydisulfate ( $c_1, V_1$ ) avec une solution d'iodure de potassium ( $c_2, V_2$ ). Il y a formation de diiode au cours de la réaction.

2. Écrire la réaction correspondante. Calculer sa constante d'équilibre à  $20^\circ\text{C}$  et la composition du système dans l'état final.

On donne les potentiels standard de réduction suivants :  $E^\circ(\text{S}_2\text{O}_8^{2-}/\text{SO}_4^{2-}) = 2,01 \text{ V}$  et  $E^\circ(\text{I}_2/\text{I}^-) = 0,535 \text{ V}$ .

**45 – Condensateur à épaisseur variable (Toujas2-2024)**

On considère un condensateur plan de surface  $S$ , de charge  $Q(t)$  et dont l'épaisseur varie selon  $e(t) = e_0 + x(t)$  avec  $x(0) = 0$ . On considère aussi un circuit :



- Déterminer l'expression du champ  $\vec{E}$  dans un condensateur plan (la norme du champ pour un plan chargé est donnée  $e = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$ ). En déduire la capacité  $C$ .
- Déterminer la tension aux bornes de ce condensateur.
- Déterminer  $Q(t)$  et  $Q(0)$ .
- Exprimer  $u(t)$  en fonction de  $U$ .
- En déduire comment varie  $u$  en fonction de  $x$  (question à vérifier).

#### 46 – Thermodynamique - Cycle (SansNom1-2024)

On considère un système de  $n = 1$  mol de gaz parfait avec un coefficient  $\gamma = \frac{7}{5}$ . Le cycle étudié suit les transformations suivantes :

- $A \rightarrow B$  : Transformation isotherme à  $T_A = 300K$ , avec  $P_A = 2$  bar et  $P_B = 1$  bar.
- $B \rightarrow C$  : Transformation isobare avec  $V_C = 20,5$  L.
- $C \rightarrow A$  : adiabatique réversible jusqu'à  $A$ .

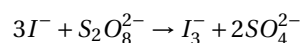
- Tracer le cycle dans le diagramme de Watt.
- Déterminer le signe du travail  $W$ . Cycle moteur?
- Calculer l'entropie créée sur le chemin  $A \rightarrow B$  et commenter.
- Calculer  $T_C$ ,  $W_{BC}$ ,  $Q_{BC}$  et  $S_{\text{créé}BC}$   
**Rappel** :  $\Delta S_{A \rightarrow B}$  les trois formes des ln.

#### 47 – Propagation d'ondes dans un fluide (SansNom2-2024)

Idem Dauge1-2019

#### 48 – Cinétique chimique (2024-Fayolle1)

On étudie la réaction suivante à  $28,8^\circ\text{C}$  :



On donne  $[I^-]_0 = 200 \text{ mmol.L}^{-1}$ ,  $[S_2O_8^{2-}]_0 = c_0 = 2,24 \text{ mmol.L}^{-1}$  et on note  $[I_3^-] = x(t)$ .

- Exprimer la vitesse de la réaction en fonction de la constante de vitesse  $k$ , de  $[I^-]$ , de  $[S_2O_8^{2-}]$ , et des ordres partiels  $\alpha$  et  $\beta$  relatifs respectivement à  $I^-$  et  $S_2O_8^{2-}$ .
- Que peut-on dire des ions iode  $I^-$  ?
- Résoudre l'équation différentielle. Il n'était pas demandé d'établir l'équation différentielle!

L'énoncé fournit le graphe  $\ln(C_0 - x) = f(t)$  avec quelques points expérimentaux. On observait que les points étaient alignés et que la pente de la droite était  $-0,125 \text{ min}^{-1}$ . L'énoncé fournit également le tableau suivant :

$\theta$ (en $^\circ\text{C}$ )	$[I^-]_0$ en $\text{mmol.L}^{-1}$	$K_i$ en $\text{min}^{-1}$
28,8	400	0,249
38,8	200	0,170

Les  $K_i$  données dans le tableau sont des constantes de vitesse apparentes, mais ce n'était pas précisé par l'énoncé original. L'examineur me l'a confirmé à l'oral.

- Déterminer l'ordre  $\beta$ .
- Déterminer l'ordre  $\alpha$ .
- Déterminer  $k_1$  et  $k_2$ , les constantes de vitesse aux deux températures.
- Déterminer l'énergie d'activation  $E_A$ . À noter que la constante des gaz parfaits n'était pas fournie.

#### 49 – Onde atténuée (2024-Fayolle2)

On étudie un champ électrique

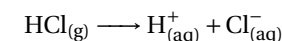
$$\vec{E} = E_0 e^{\alpha x} e^{j(kx - \omega t)} \vec{e}_z.$$

L'énoncé ne fournissait pas beaucoup d'informations.

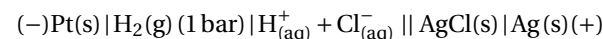
- Est-ce une onde plane? Quel est son sens de propagation? Quelle est sa polarisation? À quoi correspond physiquement le terme en  $e^{\alpha x}$ ? Le cas  $\alpha > 0$  a-t-il un sens?
- Déterminer le champ magnétique  $\vec{B}$ .
- Déterminer la norme de la valeur moyenne du vecteur de Poynting  $\|\langle \vec{\Pi} \rangle\|$ .
- Quelles sont les conditions pour qu'une onde survive dans une cavité constituée de miroirs parfaits situés en  $x = 0$  et  $x = L$ ? Ces conditions sont à exprimer avec  $L$ ,  $\alpha$  et  $R$  ( $R$  est le coefficient de réflexion en énergie).

#### 50 – Dissolution du chlorure d'hydrogène (2024-Fayolle3)

La dissolution du chlorure d'hydrogène dans l'eau s'écrit :



Afin d'en déterminer l'enthalpie standard de réaction  $\Delta_{\text{diss}} H^\circ$  (supposée indépendante de  $T$ ), on réalise la pile suivante :



- Écrire la réaction de la pile (en imposant un coefficient stœchiométrique égal à 1 pour l'argent métallique  $\text{Ag}(s)$ ).

À  $T = 298 \text{ K}$ , on mesure une force électromotrice  $e^\circ = 0,222 \text{ V}$ , et on observe une variation avec la température donnée par :  $\frac{de^\circ}{dT} = -6,0 \times 10^{-4} \text{ V.K}^{-1}$

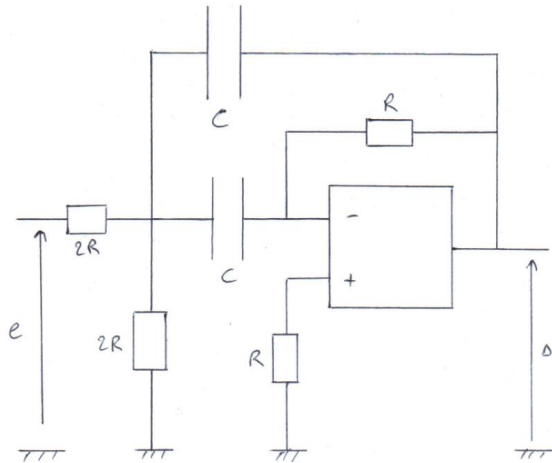
- En déduire l'enthalpie standard de la réaction électrochimique mise en jeu dans la pile.
- En déduire l'enthalpie standard de dissolution  $\Delta_{\text{diss}} H^\circ$  du chlorure d'hydrogène gazeux.

Données à  $25^\circ \text{C}$  :

Espèce	$\Delta_f H^\circ$ (kJ.mol <sup>-1</sup> )
AgCl(s)	-127,1
HCl(g)	-92,3

### 51 – Analyse d'un filtre passe-bande à AOP (2024-Fayolle4)

On suppose l'A.L.I. idéal et fonctionnant en régime linéaire.



- Mettre la fonction de transfert sous la forme :

$$H(j\omega) = \frac{a}{1 + jb \left( \frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right)}$$

Déterminer l'équation différentielle reliant  $s(t)$  et  $e(t)$ .

Par un raisonnement physique (analyse asymptotique), retrouver le caractère du montage à basse fréquence et à haute fréquence.

- Avec  $R = \dots$  et  $C = \dots$  (les valeurs étaient données), déterminer le facteur de qualité  $Q$  du filtre. Tracer l'allure du diagramme de Bode (module et phase).

- Avec en entrée une tension créneau ou triangle, quel signal de sortie obtient-on? Quelle est son amplitude?

### 52 – Satellite à deux masses (2024-Fayolle5)

On étudie un satellite tournant autour d'une planète de masse  $M$  selon une trajectoire circulaire de rayon  $R$ . Le satellite est constitué de deux masses identiques  $m$ , reliées par une barre rigide de masse négligeable.

Initialement, à l'état 1, les deux masses sont confondues au centre de masse du satellite. Puis, à l'instant de passage à l'état 2, le satellite est modifié par l'action instantanée de réacteurs : les deux masses sont écartées d'une longueur  $2\ell$  (avec  $2\ell \ll R$ ) dans une direction perpendiculaire au plan de l'orbite. Ainsi, les masses ne se trouvent plus dans le plan de l'orbite, mais respectivement au-dessus et au-dessous de celui-ci ; la barre est orthogonale au plan orbital.

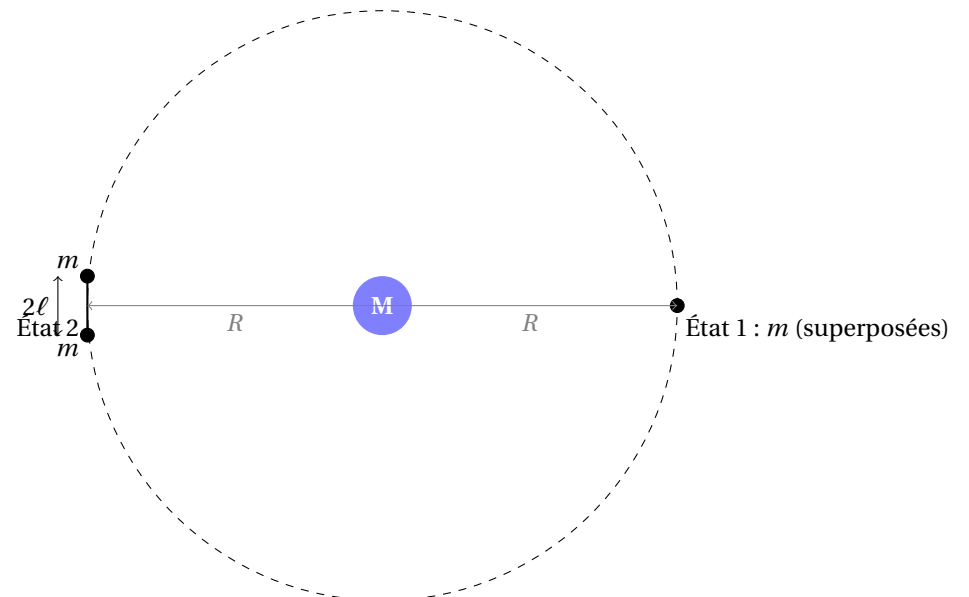


Fig. 1 – Illustration des états 1 et 2 du satellite à deux masses

- Étudier les variations d'énergie mécanique du système satellite en fonction du paramètre  $\frac{\ell}{R}$ .
- Quelle devient la trajectoire du satellite après l'écartement des deux masses? À quelle distance de la planète se trouve l'apogée?

## Oral 2023

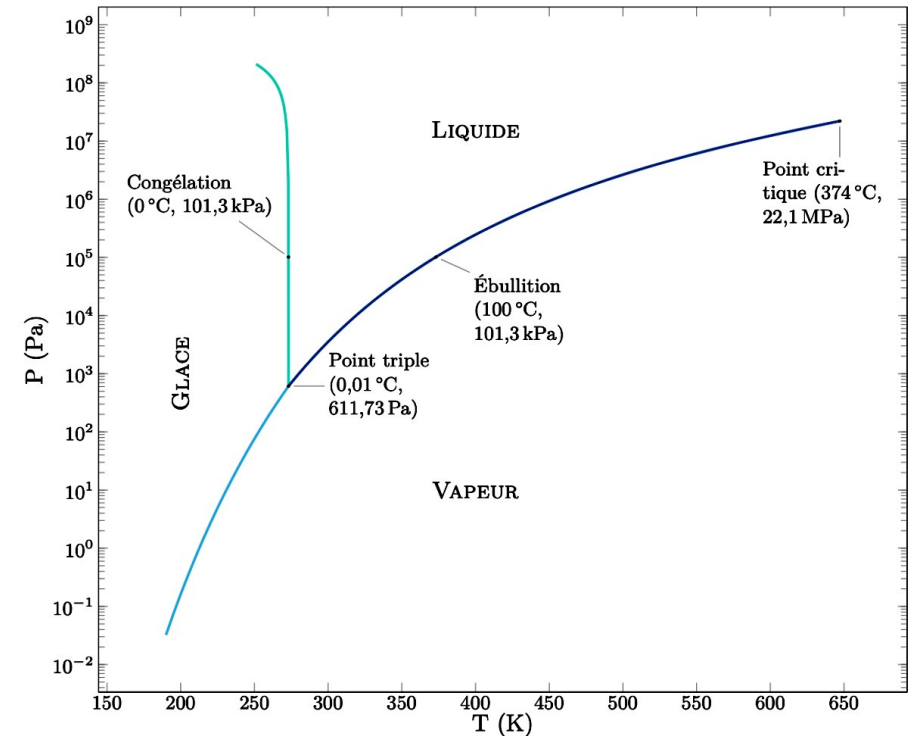
**53 – Cuisson d'un œuf (Aran1-Da Cunha-2023)**

1. Établir une relation entre la pression et la constante de gravité  $g$ .
2. On considère l'atmosphère comme un gaz parfait isotherme, établir une nouvelle relation
3. On considère qu'un œuf durcit à une température de  $62\text{ °C}$ . À quelle température un œuf commence-t-il à coaguler au sommet de l'Himalaya? Est-il possible de cuire un œuf au sommet de l'Himalaya.

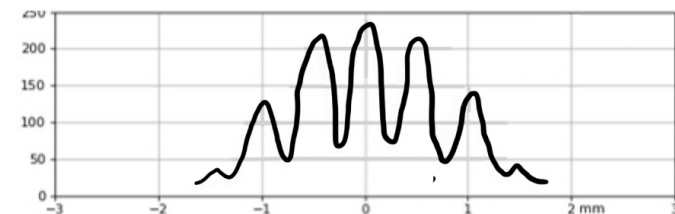
Données :

- Altitude de l'Himalaya : 8 849 m
- Masse molaire oxygène : 16 g/mol
- Masse molaire azote : 14 g/mol
- $g : 9,8\text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$
- Formule de Duperray donne la pression de vapeur saturant de l'eau en fonction de la température  $P_{\text{sat}}(\text{en Bar}) = \left(\frac{t(\text{en } ^\circ\text{C})}{100}\right)^4$

4. Même question mais en s'aidant du graphe ci-dessous.

**54 – Fentes d'Young (Aran2-Da Cunha-2023)**

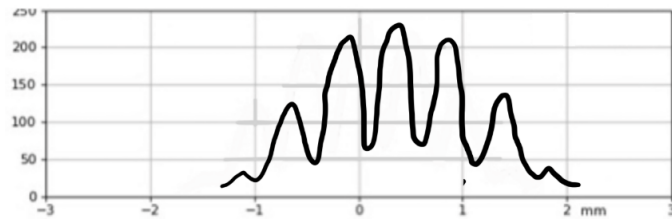
On place devant deux fentes distantes de  $a = 1\text{ cm}$  deux tubes  $T_1$  et  $T_2$  de même longueur  $\ell = 5\text{ cm}$ . L'écran est placé dans le plan focal image d'une lentille convergente de distance focale  $f' = 8\text{ m}$ . Lorsque les deux tubes sont vides d'air, on observe la figure suivante :



1. Expliquer la figure d'interférences, retrouver la valeur de la longueur d'onde ainsi que la taille des fentes.

Rq : Il fallait redémontrer toutes les formules utilisées

2. On laisse rentrer de l'air à pression atmosphérique dans  $T_1$ . Justifier la nouvelle figure d'interférence



3. On observe la figure d'interférence sur un écran placé à une distance  $D = 200$  mm. Peut-on retrouver l'indice  $n$  de l'air ?  
NB : La valeur de l'indice de l'air n'est pas la bonne car les données collent mal mais la méthode est bonne.

**55 – Système diphasique dans une chaudière + thermostat (Bairat1-2023)**

$q$ (°C)	$P_s$ (bar) pres- sion de va- peur satu- rante	$V_v$ :Vo- lume mas- sique ( va- peur) $m^3 \cdot kg^{-1}$	$h_v$ :en- thal- pie mas- sique va- peur $kJ \cdot kg^{-1}$	$u_v$ : éner- gie in- terne mas- sique va- peur $kJ \cdot kg^{-1}$	$s_v$ : entro- pie va- peur $kJ \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$	$h_l$ :en- thal- pie mas- sique li- quide $kJ \cdot kg^{-1}$	$u_l$ : éner- gie in- terne mas- sique li- quide $kJ \cdot kg^{-1}$	$s_l$ :en- tropie li- quide $kJ \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$	$V_l$ :Vo- lume mas- sique (li- quide) $m^3 \cdot kg^{-1}$
100	1,013	1,673	2676	2507	7,355	419	419	1,307	$1,04 \cdot 10^{-3}$
150	4,76	0,393	2746	2560	6,838	632	632	1,842	$1,09 \cdot 10^{-3}$
200	15,54	0,127	2793	2595	6,433	852	851	2,331	$1,16 \cdot 10^{-3}$

$R = 8,315 J \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}$ ; 1 bar =  $1 \cdot 10^5$  Pa; 0 °C correspond à 273,15 K;  $M_{eau} = 18 g \cdot mol^{-1}$   
Une chaudière a un volume constant. Les parois sont calorifugées sauf au niveau du brûleur. A la date  $t = 0$  elle contient  $10 m^3$  d'eau dont  $0,4 m^3$  sous forme liquide et  $9,6 m^3$  sous forme de vapeur à  $P_0 = 1,013$  bar. La température de la flamme du brûleur est constante  $t_b = 850$  celsius. La puissance de la chaudière est égale à :  $p_b = 80$  kW. Après une durée  $t_0$  de fonctionnement du brûleur, à l'équilibre, la pression est  $P_{eq} = 15,54$  bars.  
On ne fera pas de modélisation (Gaz parfait ou autres...)!!!

- Déterminer la masse de vapeur à l'état initial  $m_{v,i}$ , la masse de liquide à l'état initial  $m_{l,i}$  et le titre en vapeur à l'état initial  $c_i$
- Idem à l'état final

- Quelles sont les masses initiale et finale de liquide et de vapeur ?
- Calculer l'énergie  $Q_c$  transférée au fluide par la chaudière ainsi que la durée de chauffage.
- Faire un bilan entropique. Commenter

**56 – Nombre d'Avogadro (Bairat2-2023)**

On sait que  $\rho_{Cu} = 8920 kg \cdot m^{-3}$  et  $M = 63,5 kg/mol$

- Proposer un protocole expérimental pour déterminer  $\rho_{Cu}$ .
  - Le cuivre a une structure cubique face centrée de paramètre  $a = 3,61 \cdot 10^{-10} m$ . Déterminer l'expression littérale et l'application numérique du nombre d'Avogadro.
  - Électrolyseur avec 2 électrodes de cuivre pur dans une solution aqueuse de , pH = 7,  $c = 2 mol/L$  de sulfate de cuivre, les ions sulfates sont inertes.
    - Faire le schéma de l'électrolyseur.
    - Écrire les réactions possibles aux deux électrodes et déterminer la cathode et l'anode
    - $I = 1$ , au bout d'une heure, une électrode de cuivre a perdu 1,18 g,  $E^\circ(Cu / Cu_2^+) = 0,34 V$ ,  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} C$ . Déterminer le nombre d'Avogadro.

**57 – Conduction thermique(Cavero1-2023)**

- Température dans un cylindre  
On considère un cylindre de longueur  $L$ , de section droite constante  $S$ , et de conductivité thermique  $\lambda$ . La surface latérale est calorifugée et les extrémités sont à la température  $T_1$  et  $T_2$ .
  - Appliquer le raisonnement qui mène à la résistance thermique, puis l'exprimer avec les données du problème.
  - Tracer le profil de la température dans le cylindre.
- Le doigt, un bon thermomètre ?  
Deux objets, un en bois et l'autre en acier se trouve dans une pièce où la température est uniforme. Au toucher, l'objet en acier semble plus 'froid' que celui en bois. Expliquer le phénomène, le doigt est-il un bon thermomètre ?
- Modélisation  
On modélise le doigt par un cylindre de longueur  $L_1$ , de section droite constante  $S$ , et de conductivité thermique  $\lambda_1$ . La surface latérale est calorifugée et les extrémités sont à la température  $T_0 = 37^\circ C$  et  $T$ . On modélise de même l'objet en acier : cylindre de longueur  $L_2$ , de section droite constante  $S$ , et de conductivité thermique  $\lambda_2$ . La surface latérale est calorifugée et les extrémités sont à la température  $T$  et  $T_p = 20^\circ C$ .  $T$  étant la température de contact entre le doigt et l'acier.
  - Exprimer  $T$  en fonction des données.

- b. Tracer  $T$  en fonction de  $\lambda_2$ . (pas fait cette question donc je ne suis pas sûr, il manque aussi une partie)

### 58 – Mouvement d'une particule (Cavero2-2023)

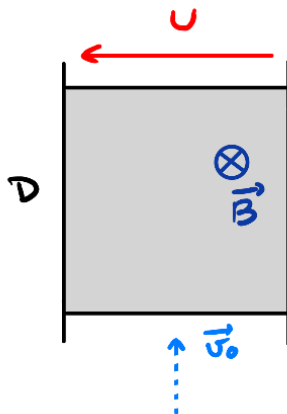
On considère une particule se déplaçant dans le vide à une vitesse  $v_0$ , elle a une masse  $m$  très petite (pas précisé devant quoi) et une charge négative  $q = -3e$ .

Elle se dirige vers un carré de côté  $D$  traversé par un champ  $\vec{B}$  et une tension  $U$ .

On donne :

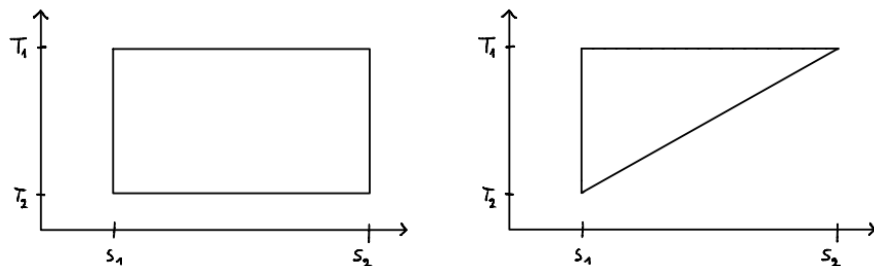
- $D =$
- $M =$
- $q =$  (j'ai tout oublié)
- $B =$
- $v_0 =$

1.  $U = 0$ , Exprimer la trajectoire de la particule dans le carré puis la représenter.
2. Calculer  $U$  pour que la trajectoire de la particule reste inchangée dans le carré.



### 59 – Cycles réversibles (Charnavel1-2023)

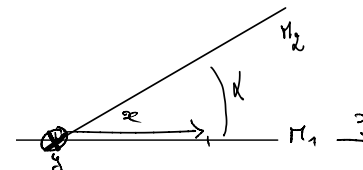
Soit les deux cycles moteurs réversibles suivants :



1. Donner le sens de parcours du cycle, le travail et le rendement de ces cycles.
2. Question bonus : redémontrer tous les résultats que vous avez utilisé.

### 60 – Attention à la marche! (Charnavel2-2023)

Soit un Michelson en coin d'air :

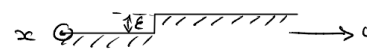


On rappelle que  $\alpha$  est très petit, et on définit  $e(x)$  l'épaisseur à l'abscisse  $x$ .

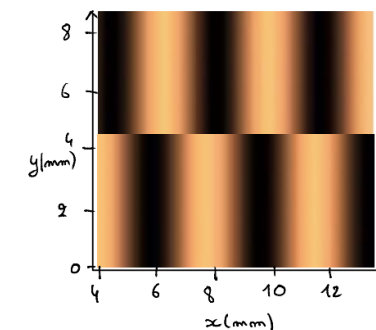
Rappel :  $\delta = 2 \cdot e(x)$

On prendra  $\lambda = 576 \text{ nm}$ , et on éclaire le coin d'air en incidence quasi-normale.

1. a. Pourquoi éclaire-t-on le coin d'air en incidence quasi-normale?  
b. Les franges sont-elles localisées, si oui où? Et comment peut-on les observer?
2. Maintenant, le miroir  $M_1$  présente un défaut, le miroir  $M_2$  est toujours parfait.



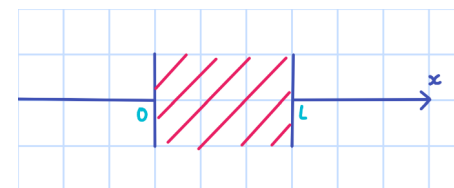
- a. Expliquer la disposition du miroir  $M_1$  avec un schéma 3D.
- b. Expliquer l'observation de la figure ci-contre.
- c. Estimer  $\alpha$ .
- d. Calculer  $\epsilon$  sachant que  $0 < \epsilon < \lambda/2$ .



3. Questions bonus : que dire de l'interfrange (est-il constant)? justifier.

### 61 – Conduction (Daouakha1-2023)

On considère un matériau conducteur entre  $x = 0$  et  $x = L$ . La conductivité thermique  $\lambda$  n'est pas uniforme mais sous la forme  $\lambda = k/T$  ou  $k$  est un coefficient constant. On suppose le régime permanent.

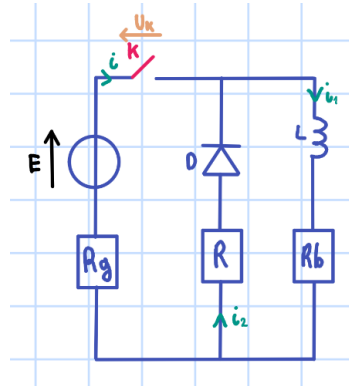


1. Déterminer l'équation différentielle vérifiée par  $T$ .
2. Tracer  $T$  en fonction de  $x$ .
3. Oubliée.

4. Évaluer et comparer les puissances thermiques en  $x = 0$  et  $x = L$ .

### 62 – (Daouakha2-2023)

On considère le circuit suivant :



$D$  est un dipôle qui :

- Si  $K$  est fermé,  $D$  est équivalent à un interrupteur ouvert
- Si  $K$  est ouvert,  $D$  est équivalent à un générateur de tension  $U_0$  orienté vers le bas.

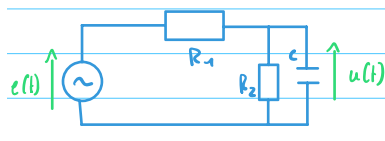
À  $t < 0$ ,  $K$  est fermé.

On ouvre  $K$  à  $t = 0$ .

1. En considérant que  $K$  est fermé en régime permanent, déterminer à partir d'un schéma équivalent  $i(0^-)$ ,  $i_1(0^-)$ ,  $i_2(0^-)$ ,  $U_K(0^-)$ .
2.
  - a. On ouvre l'interrupteur  $K$ , dessiner le schéma équivalent.
  - b. Par un raisonnement énergétique (qualitatif), montrer que lorsque  $t$  tend vers  $+\infty$ ,  $i_1$  tend vers 0.
  - c. Établir l'équation différentielle vérifiée par  $i_1$  en fonction des données.
  - d. Tracer  $i_1$  en fonction de  $t$
3. Montrer qu'il se produit une surtension aux bornes de l'interrupteur  $K$  lors de la manœuvre à  $t = 0$ . En déterminer la tension  $U_K(0^+)$ .

### 63 – Réponse RC (Destruhaut1-2023)

$e(t) = E \cos(\omega t)$



1. Montrer que l'amplitude complexe a pour valeur  $\underline{U} = \frac{E}{1 + \frac{R1}{R2} + jR1C\omega}$ .

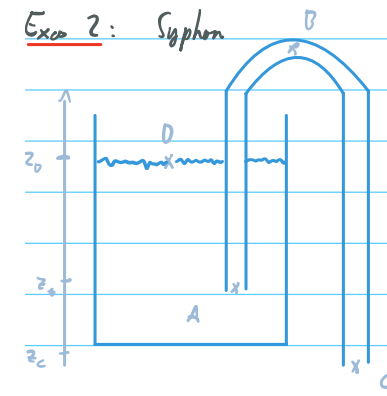
2. Déterminer  $u(t)$ .

3. Y-a-t-il une résonance possible?

4. Question bonus on change  $R_2$  en une bobine. Trouver la fonction de transfert. On repasse sur le RLC série, trouver la fonction de transfert et conclusion sur les valeurs de  $Q$  et  $\omega_0$ .

### 64 – Siphon (Destruhaut2-2023)

L'eau est considérée comme un fluide incompressible et parfait. On se considère en régime stationnaire.



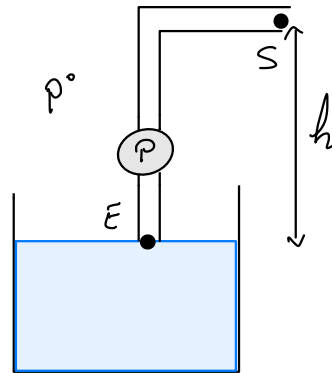
$C$  et  $D$  sont en contact avec l'air extérieur à la pression  $P_{\text{atm}}$ .

La cuve a une section  $S_0$  et le tube des section  $s = \frac{S_0}{100}$ .

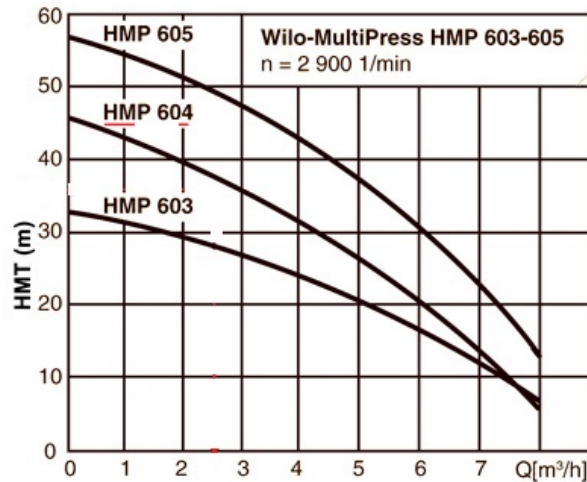
1. Calculer  $v_c$  en fonction de  $g$ ;  $z_D$  et  $z_C$ .
2. Calculer  $P_B$  en fonction de  $\rho$ ,  $g$ ,  $z_C$ ,  $z_D$  et  $P_{\text{atm}}$ . Expliquer pourquoi on a besoin d'une pompe pour initialiser le siphon.
3. On considère maintenant que le liquide descend et on note  $\tau$  le temps pour que  $z_d(t)$  atteigne  $z_h$  et que le siphon se désamorçe. Calculer  $\tau$ .

### 65 – Pompage (Fons1-Li1-2023)

1. Énoncer les hypothèses pour appliquer la relation de Bernoulli et démontrer la.
2. On suppose que ces conditions sont vérifiées pour l'eau. Préciser ce qui change dans la relation de Bernoulli si on considère l'usage de la pompe.
3. Trouver la puissance électrique minimum nécessaire pour que l'eau remonte.
4. S'il existe une perte de charge en hauteur  $H$ , quelle est la nouvelle puissance?



5. On définit  $HMT = h + \frac{P_s - P_e}{\rho g}$ , Calculer sa valeur, que représente-t-elle. Faire un choix de pompe avec les courbes.



Données :  $Q = 1 \text{ L/s}$ ;  $h = 30 \text{ m}$ ;  $P_s = 1,5 P_e$ ;  $r = 0,8 = P_{\text{meca}} / P_{\text{elec}}$ ,  $H = 20 \text{ m}$ .

### 66 – Masse d'un photon (Fons2-Li2-2023)

On considère une sphère métallique creuse et vide de rayon  $R$  où les bords sont amenés au potentiel  $V_0 > 0$ .

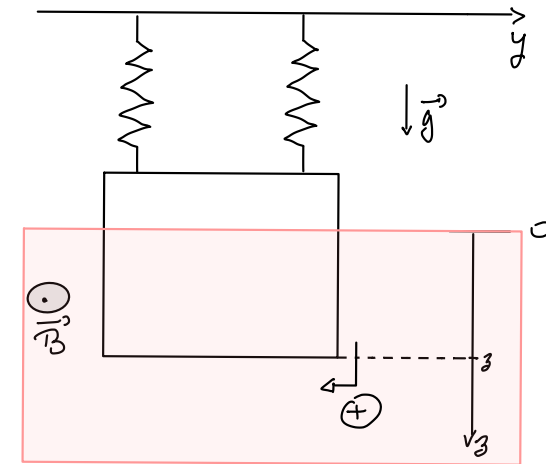
1. On considère que la répartition des charges est uniforme. Déterminer par une approche qualitative quel est la nature de ces charges.

2. Démontrer qu'à l'intérieur de la sphère le champ  $\vec{E}$  est nul, en déduire  $V_1(M)$  pour tout  $M$  à l'intérieur de la sphère ( $r < R$ )

On considère la présence d'un photon de masse non nulle (caractérisé indirectement par une grandeur  $\mu = \frac{mc}{\hbar}$ ), on a alors modification de l'équation de Maxwell Gauss :  $\text{div} \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0} - \mu^2 V_1(M)$ , avec  $V_1$  la valeur précédemment trouvée.

3. Déterminer la dimension de  $\mu$ .
4. On ne considère que les éléments perturbatif du champ  $\vec{E}$  (correction du champ) :  $\text{div} \vec{E} = -\mu^2 V_1(M)$  Trouver le champ  $\vec{E}$  pour tout  $r < R$ , en déduire le potentiel  $V_2(M)$ .
5. À quelle condition sur  $\mu$  l'approximation pour le calcul précédent  $V \approx V_1$  est elle valable?
6. On essaie de détecter une valeur non nulle de  $\mu$  en mesurant précisément la différence de potentiel entre deux points à l'intérieur de la sphère. Quelle valeur espérer littéralement dans le meilleur des cas.

### 67 – Cadre dans B (Francois1-2023)



On considère un cadre carré de côté  $a$ , de masse  $m$ , de résistance  $R$ . Le côté supérieur ne pas pas dans la zone du champ  $\vec{B}$ . Le côté inférieur n'en sort pas. Sous le champ  $\vec{B}$ , la période des oscillation est  $T_0 = 0,1 \text{ s}$ .

1. Déterminer l'équation électrique du cadre.
2. Déterminer l'équation mécanique du cadre.
3. Au bout de combien de périodes, l'amplitude des oscillations est divisée par 10?

**68 – Combustion oxyde de cobalt (François2-2023)**

Données :

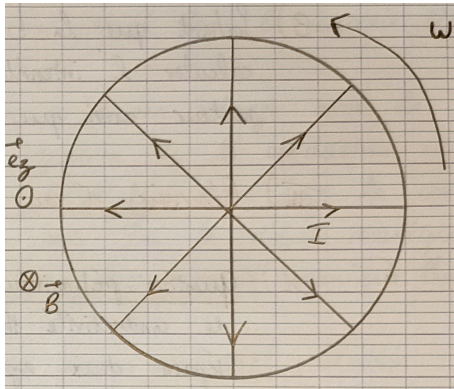
	CoO(s)	O <sub>2</sub> (g)	Co <sub>3</sub> O <sub>4</sub> (s)
$\Delta_f H^\circ$ (kJ·mol <sup>-1</sup> )	-237,9	0	-891,0
$S^\circ$ (J·mol <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup> )	53,0	205,2	102,5

On considère la réaction  $3\text{Co}_0(\text{s}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) = \text{Co}_3\text{O}_4(\text{s})$ 

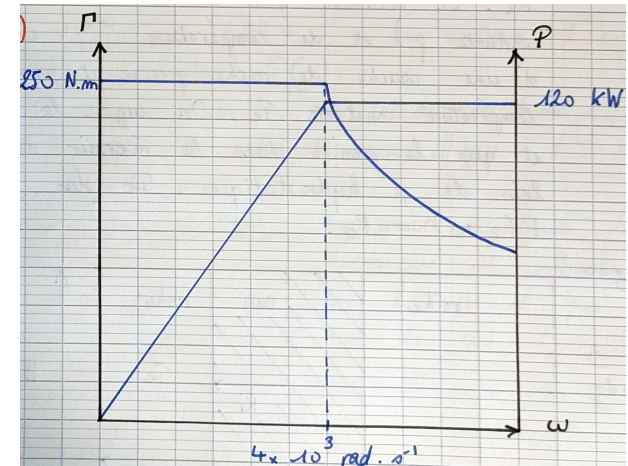
1. Calculer l'enthalpie libre standard de réaction avec l'approximation d'Ellingham à 1150 K.
2. Calculer  $P(\text{O}_2)$  à 1150 K à l'équilibre.
3. On place dans un volume  $V_0 = 10$  L, 0,3 moles de O<sub>2</sub> et 1 mole de CoO. L'oxydation de CoO a-t-elle lieu ?
4. Calculer  $V_1$  pour qu'il y ait oxydation .

**69 – Moteur de supercar (Gomez1-2023)**

Blabla nouveau modèle de moteur.

Tourne à une vitesse  $\omega$  autour de (Oz). $N$  spires parcourues par le courant  $I$ , plongées dans un champ  $\vec{B}$ .

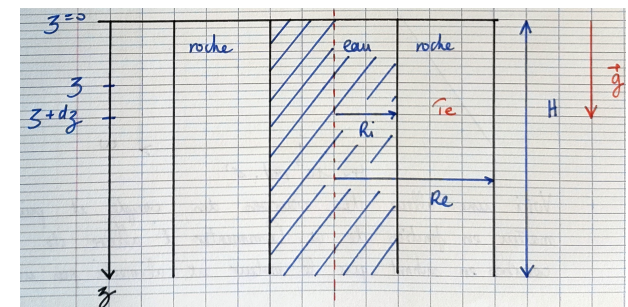
1. Rappeler l'expression de la force de Laplace  $\vec{F}_{\text{Lap}}$  induite par le courant  $I$  et le champ  $\vec{B}$ . En déduire le couple  $\Gamma_{\text{Lap}}$  total généré dans le moteur. Si le moteur tourne à la vitesse de rotation  $\omega$ , quelle sera l'expression de  $P_{\text{Lap}}$  ?
2. Voici une allure des courbes des couple et puissance du moteur en fonction de  $\omega$ . commenter l'allure des ces courbes en sachant que le moteur est alimenté par une batterie.



3. Sachant que la batterie délivre une tension  $E = 800$  V, calculer l'intensité maximale qui parcourt le moteur ainsi que l'amplitude du champ  $B$ .

**70 – Réservoir d'eau chaude (Gomez2-2023)**

1. **Question préliminaire :** Soit une paroi d'épaisseur  $e$ , de conductivité thermique  $\lambda$ , de surface  $S$ , qui sépare deux espaces dont la différence de température est notée  $\Delta T$ . Rappeler l'expression de la résistance thermique de cette paroi.
2. Soit le réservoir suivant : on modélise par deux cylindres, de rayon intérieur  $R_i$  et de rayon extérieur  $R_e$ . On considère que de l'eau (de masse volumique constante  $\rho$ ) et de température  $T(z)$  est entourée d'une couche de roche poreuse et homogène à la température constante  $T_e$ . On suppose le régime stationnaire et que la pression dans le réservoir suit les lois de l'hydrostatique. De plus, on donne  $P(z) = p^\circ$ . Établir l'expression de la pression dans le réservoir  $P(z)$ .



- On nous dit qu'il y a un échange avec la paroi poreuse dont l'expression de la conduction est :  $d\phi(z) = g_{th}(T_e - T(z))dz$  avec  $g_{th}$  la conductance thermique linéique. Soit  $D_m$  le débit massique dans la conduite et  $s$  la capacité thermique massique de l'eau. À l'aide d'un premier principe industriel, établir :  $\frac{dT(z)}{dz} = \frac{T(z) - T_e}{\ell}$ . On donnera l'expression de  $\ell$  en fonction de  $D_m$ ,  $c$  et  $g_{th}$ .
- On suppose que l'eau chaude à  $z = H$  est à la température  $T(H) = T_c$ . En déduire l'expression de la température  $T(z)$ .  
Commenter les cas de conduction thermique très efficace ( $\ell \ll H$ ) et peu efficace ( $\ell \gg H$ ).
- Question supplémentaire : Expliquer pourquoi la conduction thermique est efficace dans le cas ( $\ell \ll H$ ) et peu efficace dans le cas ( $\ell \gg H$ ).

### 71 – OPPH (Gornes1-2023)

Soit un plan situé en  $x = 0$  sur lequel circule un courant surfacique  $\vec{j}_s = j_0 \cos(\omega t) \vec{e}_y$ . Le plan ne porte pas de charges surfaciques ( $\sigma = 0$ ).

On considère l'onde  $\vec{E} = \begin{cases} E_1 \cos(\omega t - kx) \vec{e}_y, & x > 0 \\ E_2 \cos(\omega t + kx) \vec{e}_y, & x < 0 \end{cases}$

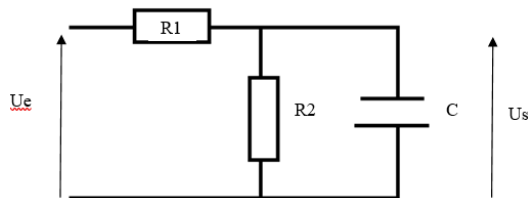
On rappelle que  $\vec{E} = \begin{cases} \vec{E}(x = 0^-, t) = \vec{E}(x = 0^+, t) \\ \vec{B}(x = 0^+, t) - \vec{B}(x = 0^-, t) = \mu_0 \vec{j}_s \wedge \vec{e}_x \end{cases}$

$\vec{E}$  est une OPPH avec  $k = \frac{\omega}{c}$

- Exprimer le champ  $\vec{B}$  en tout point.
- Exprimer  $E_1$  et  $E_2$  en fonction de  $j_0$ ,  $\mu_0$  et  $c$ .
- Calculer la puissance rayonnée en tout point de l'espace.

### 72 – Circuits en cascade (Gornes2-2023)

On donne le circuit suivant :



$\begin{cases} U_e(t < 0) = 0 \\ U_e(t \geq 0) = U_{e,max} \end{cases}$ , le condensateur est déchargé à  $t = 0$ .

- Exprimer  $U_s$  en fonction de  $U_{e,max}$ .

- Au bout d'un temps  $T$ , on a  $U_s(T) = U_{s,max}$ , exprimer  $U_{s,max}$  en fonction de  $U_{e,max}$ .
- On a  $n$  circuits tels que présenté précédemment en série. Donner une relation qui lie  $U_{s,n,max}$  en fonction de  $U_{e,max}$ .  
Commenter la stratégie de mise en œuvre pour donner cette relation, pourquoi ce n'est pas exact en réalité.

### 73 – Méthode de Badal (Grenier1-2023)

On dispose deux lentilles  $L_1$  et  $L_2$  de focales connues sur un axe optique. On place un objet  $AB$ ,  $A$  sur l'axe optique au niveau du foyer objet de  $L_1$ . On place à  $D$  de  $L_2$  une lentille divergente  $L$  ( $L$  entre  $L_1$  et  $L_2$ ). L'image précédemment obtenue par  $L_1$  et  $L_2$  est alors déplacée d'une distance  $d$ , positive ou négative.

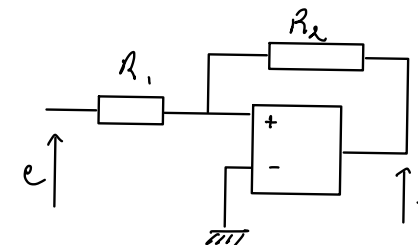
- Peut-on obtenir une image réelle quel que soit la position de  $L$  si elle est divergente? convergente?
- Réaliser le tracer pour l'objet  $AB$  par le système  $L_1, L, L_2$ .
- Exprimer la focale  $f'$  de la lentille  $L$  grâce aux données de l'énoncé ( $f'_1, f'_2, d, \dots$ ) (NB : le résultat est plus facile si la lentille  $L$  est placée en  $F_2$ ). Comparer à d'autres méthodes utilisées en focométrie.

### 74 – Courants de Foucault (Grenier2-2023)

Soit un disque de rayon  $R$ , d'épaisseur  $e$  et d'axe ( $Oz$ ) de conductivité  $\gamma$ . On plonge ce disque dans un champ uniforme  $\vec{B} = B_m \cos(\omega t) \vec{e}_z$ . Le champ électrostatique induit est orthoradial.

- Démontrer, à partir d'une équation de Maxwell, l'expression intégrale de la formule de Faraday.
- En déduire le champ électrostatique.
- Quelle est la puissance  $P$  dissipée par le disque? Calculer cette puissance pour un fréquence de 50 Hz,  $B_m = 0,10$  T,  $R = 10$  cm,  $e = 2$  cm,  $\gamma = 6 \cdot 10^7$  S/m.

### 75 – Astable (Jamet1-2023)



- Établir le lien entre  $e$  et  $s$ . On pose  $\alpha = R_1/R_2$ .
- Représenter un intégrateur inverseur on pose  $\tau = RC$ .
- On place l'intégrateur inverseur à la suite de l'hystérésis calculer la période d'oscillation  $T$  avec  $\alpha$  et  $\tau$ .
- ??

### 76 – Cycle moteur (Jamet2-2023)

On nous décrit les 4 étapes d'un cycle dans un moteur :

- $A \rightarrow B$  compression adiabatique réversible
- $B \rightarrow C$  combustion isobare
- $C \rightarrow D$  détente adiabatique réversible
- $D \rightarrow A$  admission isochore

On pose  $\alpha = V_b/V_a$  et  $\epsilon = V_c/V_b$

- Pour la transformation entre  $A$  et  $B$  donner le lien entre  $P$  et  $V$ . Représenter le cycle dans un diagramme de Watt ( $P, V$ ) et justifier que l'on a un fonctionnement moteur.
- Calculer les transferts thermiques  $Q_i, j$ . Les exprimer en fonction de  $n, R, \gamma$  et les différentes températures (il y a  $n$  moles de gaz).
- Exprimer toutes les températures dans le système en fonction de  $T_a$  et  $\gamma, \epsilon$ .
- Définir le rendement et l'exprimer.

### 77 – Solénoïde en ARQS (Mazhouda1-2023)

Soit un solénoïde de longueur  $\ell$ , de résistance interne  $R = 5 \Omega$ , d'inductance  $L = 16 \text{ mH}$ , de rayon  $a = 4 \text{ mm}$  et de  $n_0$  spires par unité de longueur. Ce solénoïde est alimenté par une fem  $E$  constante.

- Donner l'expression du champ magnétique  $\vec{B}$  en négligeant les effets de bord (j'ai commencé à faire la démo mais il m'a juste demandé l'expression finale et le théorème utilisé).
- On ferme le circuit à l'instant  $t = 0$ , établir la loi de variation du courant  $i(t)$  au cours du temps, on définit la cste de temps  $\tau$ .
- On admet que l'expression de  $\vec{B}$  trouvée dans la question 1 en ARQS reste valable, justifier? Donner l'expression de  $\vec{B}$  au cours du temps
- Montrer qu'en coordonnées cylindriques, le vecteur  $\vec{E}$  s'écrit sous la forme  $\vec{E} = E(r, t) \vec{e}_\theta$ . Exprimer l'évolution de ce champ  $\vec{E}$  au cours du temps.

### 78 – Thermochimie (Mazhouda2-2023)

Soit la réaction gazeuse suivante :  $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2 + \text{CO}_2$

- Quelle est l'influence d'une augmentation de pression sur la réaction. On donne le tableau suivant :

cste d'équilibre $K$	0,67	1,24
$\theta$ ( $^\circ\text{C}$ )	1000	1273

- Déterminer  $\Delta_r H^\circ$ .
  - Peut-on prévoir le signe de  $\Delta_r H^\circ$  ?
- À  $\theta = 1000^\circ\text{C}$ , on met dans une enceinte incompressible remplie de vide une mole de CO et une mole de  $\text{H}_2\text{O}$ . Déterminer l'état final.

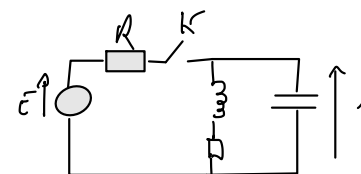
### 79 – Vidange d'un réservoir (Moussetafa1-2023)

On souhaite remplir un abreuvoir pour cheval de 80L à l'aide d'un réservoir d'eau de 100L. (Photo du réservoir et du bouchon de sortie avec une main à coté pour l'échelle)

- Établir la relation de Bernoulli pour un écoulement permanent d'un fluide parfait et incompressible.
- Calculer la durée de l'opération.

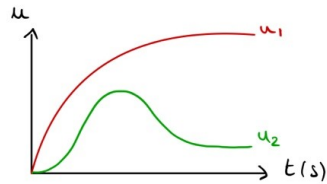
### 80 – Détermination de la caractéristique d'une bobine (Moussetafa2-2023)

On considère le circuit ci-dessous avec  $E$  un générateur de tension idéal. On ferme l'interrupteur  $K$  à l'instant initial.

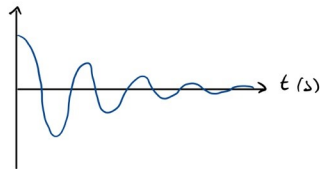


Données :  $C = 1 \mu\text{F}$ ,  $R = 100 \Omega$ .

- Établir l'équation différentielle de  $s(t)$  sous la forme :  $\frac{d^2 s}{dt^2} + (\frac{1}{RC} + \frac{r}{L}) \frac{ds}{dt} + (\dots) s(t) = \frac{r}{RLC} E$
- Que vaut  $s(0^+)$  et  $ds(0^+)/dt$ ? Que vaut  $s(\infty)$  en régime permanent?
- On donne le graphe suivant avec  $U_1$  la valeur de la tension  $E$  et  $U_2$  la valeur de la tension  $s$ . On donne  $L = ?$ , trouver la valeur de  $r$ .

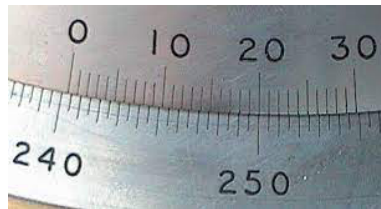


4. On ouvre l'interrupteur et on obtient le graphe suivant pour la tension aux bornes du condensateur : justifier l'allure.



### 81 – Goniomètre avec réseau (Muller1-2023)

1. Expliquer les différents éléments d'un goniomètre. Comment régler chacun de ces éléments?
2. Pour un réseau, retrouver la différence de marche (la preuve) et donner ensuite la formule des réseaux.
3. On sait que pour  $D_{\min}$ ,  $\theta = -i$ . On nous donne la photo suivante qui est une mesure (pour  $\lambda = 540 \text{ nm}$  et  $p = 2$  (ordre d'interférence) Trouver  $D_{\min}$ , sachant qu'à l'ordre 0, on mesure  $222^{\circ}09'$ . Trouver alors le pas du réseau.



4. Trouver  $\lambda$  vert-bleu sachant que  $D_{\min} = 16^{\circ}36'$ .  
Question Bonus : Résultat cohérent? ( $\lambda$  appartient au domaine du visible)

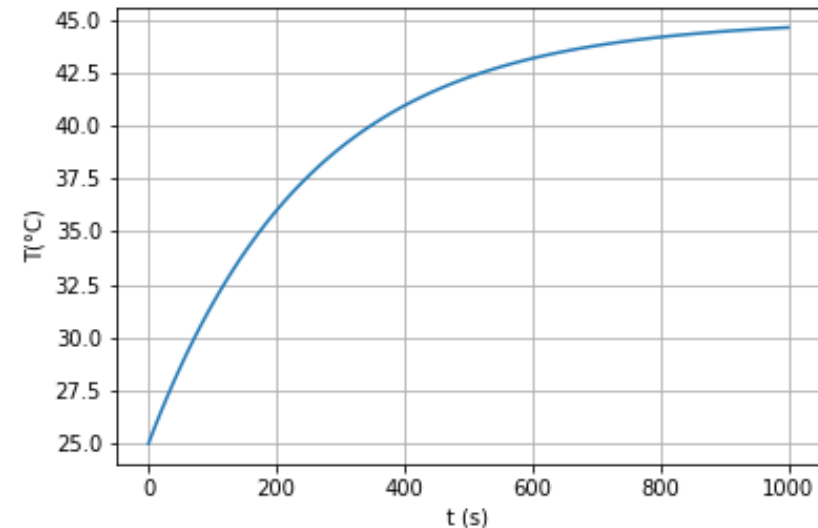
### 82 – Eau chauffée dans un calorimètre (Muller2-2023)

On a de l'eau de masse  $m = 500 \text{ g}$  (de capacité thermique  $c = 4,18 \text{ kJ}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) dans un calorimètre de capacité thermique  $\gamma$  et une fuite telle que  $P_{\text{fuite}} = k(T - T_{\text{ext}})$ , avec une température extérieure  $T_{\text{ext}} = 20^{\circ}\text{C}$ .

On fait chauffer une résistance  $R = 10 \Omega$  avec une tension  $U = 50 \text{ V}$  constante.

À  $t = 0$ ,  $T = T_0 = 25^{\circ}\text{C}$ .

1. Faire un bilan d'énergie pour montrer que  $\frac{dT}{dt} + \frac{T}{\tau} = \frac{T_m}{\tau}$  et donner les expressions de  $T_m$  et  $\tau$ .
2. Résoudre l'équation et trouver  $T(t)$
3. On nous donne la courbe suivante :



- Trouver  $\tau$  et  $T_m$  et en déduire  $k$  et  $\gamma$  (on avait toutes les données sauf ces 4 là)
4. Si on enlève la tension, Combien de temps pour que l'eau soit à la température extérieure à  $0,1^{\circ}\text{C}$  près?

### 83 – Réalisation d'un oscillateur quasi sinusoïdal (Paquier1-2023)

Cet exo, proche du cours, devra se faire sans l'aide de l'examineur)

On souhaite réaliser un oscillateur quasi sinusoïdal en branchant un montage amplificateur avec un filtre passe bande.

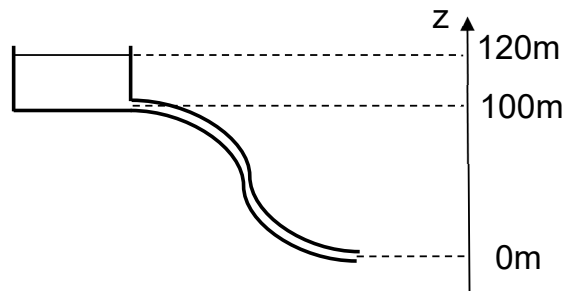
1. Quelle est l'équation différentielle vérifiée par la tension en sortie de l'amplificateur?

2. Quelle est la condition pour avoir une oscillation sinusoïdale?
3. Comment faire pour lancer les oscillations?

### 84 – Conduite d'eau (Paquier2-2023)

Voir aussi Cardon1-2018. Le même en plus détaillé.

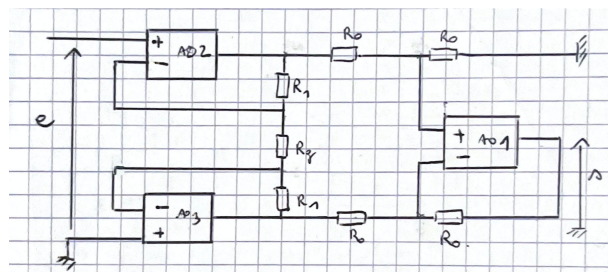
On dispose d'une large cuve remplie d'eau et pourvue d'une canalisation au fond de section constante  $D$ . L'extrémité de la canalisation est en contact avec l'extérieur.



1. Calculer  $P(z)$  en régime permanent
2. À la température de l'écoulement on a  $P_{\text{sat}} = 2 \text{ kPa}$ , y a-t-il problème de cavitation dans la canalisation?
3. On place une buse en bout de canalisation qui a pour effet de réduire la section, aide-t-elle à lutter contre la cavitation?



### 85 – Soustracteur (Parvery1-2023)



Même de Chevrier2-2021 mais  $R_1 = R_2$  :

1. Exprimer  $s$  en fonction de  $e$
2. Quelle est l'amplification de tension?

### 86 – Conduction thermique avec erf (Parvery2-2023)

Soient deux matériaux différents de caractéristiques respectives  $\lambda_1, c_1, \rho_1$  et  $\lambda_2, c_2, \rho_2$  et à températures initiales  $T_1$  et  $T_2$ .

On admet que dans chaque matériau on a la loi :  $T_k(x, t) = \alpha_k + \beta_k \text{erf}(u_k)$ . Avec  $\text{erf}(u_k) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^u e^{-y^2} dy$ , la fonction erreur avec  $u = \frac{x}{2\sqrt{Dt}}$  et  $D = \frac{\lambda}{\rho c}$

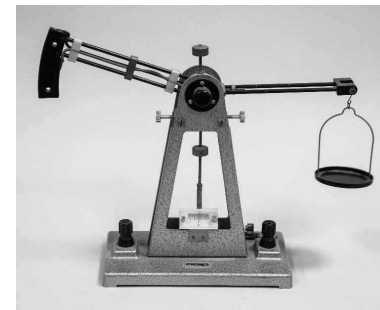
erf vérifie l'équation de la chaleur et on a  $\text{erf}(+\infty) = +1$  et  $\text{erf}(-\infty) = -1$ .

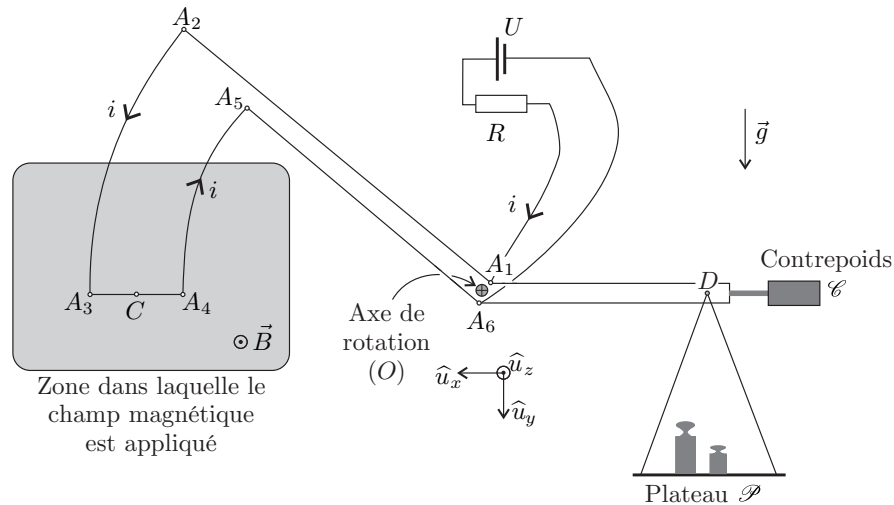
On met les deux matériaux en contact et on note  $T_0(t)$  la température au contact.

1. a. Rappeler la loi de la chaleur dans le cas unidimensionnel  
b. Justifier sans calcul que la grandeur  $T_k(x, t)$  vérifie l'équation de la chaleur
2. les températures aux extrémités sont maintenues constantes  $T_1(-\infty, t) = T_1^\infty$  et  $T_2(+\infty, t) = T_2^\infty$ . Expliciter expressions de  $T_k(x, t)$  et vérifier cohérence avec les conditions initiales données.
3. Exprimer  $T_0(t)$  en fonction de  $T_1(x, t)$ ,  $T_2(x, t)$  et du coefficient  $E_k = \sqrt{\lambda_k c_k \rho_k}$
4. Si les deux matériaux sont de longueur  $L$ , quel doit être le temps du contact, en ODG, pour que ce soit équivalent à si les deux matériaux étaient de longueur infinie. (je crois, une question qui ressemblait)

### 87 – Balance de Cotton (Tuco1-2023)

La balance de Cotton est un appareil de mesure du champ magnétostatique. L'un des fléaux est constitué d'un circuit parcouru par un courant d'intensité  $i$  et plongé dans le champ  $\vec{B}$  magnétostatique à mesurer. Le deuxième fléau permet d'équilibrer la balance à l'aide de masses marquées de masse  $m$ .

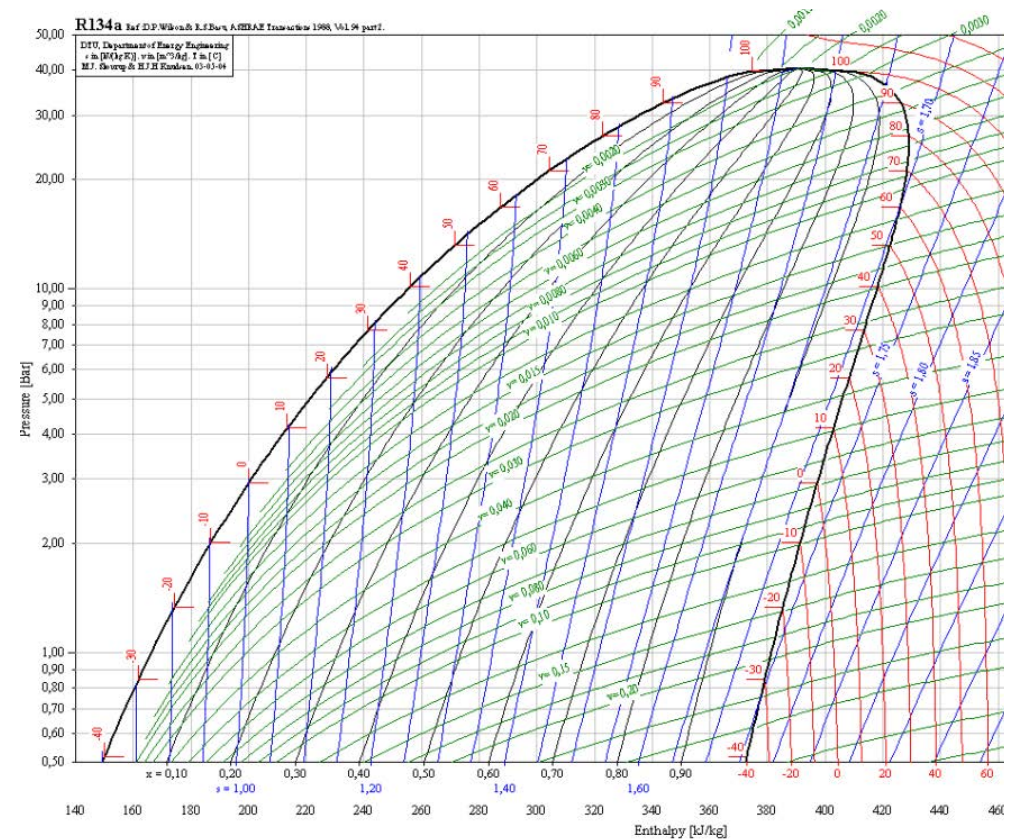




1. Dans quel sens les forces font-elles pivoter la balance?
2. A l'équilibre, le segment  $A_3A_4 = \ell$  est horizontal, on note  $d_1 = OC$ ,  $d_2 = OD$ . Calculer le moment des forces de Laplace selon  $\vec{u}_z$ .
3. En déduire la relation liant la norme du champ  $B$ ,  $g$ ,  $m$ , et les paramètres géométriques.
4. La sensibilité de la balance étant de  $\delta m = 0,05$  g, déterminer la plus petite valeur de  $B$  mesurable pour  $i = 10$  A,  $g = 10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ ,  $\ell = 5$  cm et  $d_1 = d_2 = 10$  cm. En comparant cette valeur avec une ou des références connues, conclure quant à l'utilisabilité de la balance.

### 88 – Etude d'un cycle frigorifique (Tuco2-2023)

On fournit un diagramme (P,h)



A l'état 1, le fluide est à la température de  $20^\circ\text{C}$  à la pression de vapeur saturante de  $10^\circ\text{C}$ ,  $P_b$ . Dans le compresseur, il subit une compression adiabatique réversible jusqu'à l'état 2,  $P_2 = 10$  bars. Le fluide entre alors dans le condenseur, il subit une transformation isobare jusqu'à l'état 3,  $T_3 = 30^\circ\text{C}$ . Le fluide entre ensuite dans un détendeur où il se détend adiabatiquement jusqu'à  $P_b$  (état 4). De l'état 4 à l'état 1, le fluide subit une transformation isobare dans l'évaporateur.

1. Placer les points 1,2,3 et 4 sur le diagramme et relever  $P, T, h$  ainsi que  $x$ , la fraction massique de vapeur, pour les états diphasés. (Si 1-2 n'est pas réversible, où se trouve le point 2?)
2. Expliquer la position de 1 par rapport à la courbe de saturation. Idem pour 3.
3. Définir puis exprimer l'efficacité de ce cycle.

**89 – Appareil photo (Yatim1-2023)**

Étude d'un appareil photo. Il y a un capteur CDD après une lentille de distance focale  $|f'| = 50$  mm. Le capteur est de côté  $a = 20$  mm et est composé de  $1000 \times 1000$  pixels.

- Par construction, montrer que la lentille est forcément convergente.  
Il nous rappelle ensuite la relation de conjugaison, mais celle rappelée est fautive!! je l'ai donc fait remarquer à l'examineur.
- On a un objet à  $D = 30$  m de l'appareil photo. Où est le capteur? Quel est la taille de l'objet?
- Objet à  $d = 40$  cm (je pense). L'image est projetée sur  $50 \times 200$  pixels. Quel est le grandissement? La taille de l'objet?

**90 – Ecoulement (Yatim2-2023)**

Je pense qu'il manque beaucoup de données, l'exercice est peu exploitable. Un fluide s'écoule de l'état 1 : fluide ( $P_1, T_1$ ) à l'état 2 : GP ( $\gamma = 1, 2$ ).

Il nous donne  $c_{p,1}$ , et  $s(T, P) = s(T_0, P_0) + c_p * \dots$ .

- Quelles sont les conditions pour que  $h$  soit constant?
- $T_2 = ?$
- $\Delta s = ?$
- Justifier que la réaction est irréversible.  $T_2 = -45^\circ\text{C}$ . Commenter.

**91 – Thermodynamique (Fayolle1-2023)**

On dispose d'une conduite cylindrique horizontale de longueur  $L$  selon l'axe des  $x$ , calorifugée, où circule un fluide incompressible de masse volumique  $\rho$ , de capacité thermique massique  $c$ , et de conductivité thermique  $\lambda$ , se déplaçant à une vitesse  $v_0$  selon les  $x$  croissants. On se place en régime permanent (il me semble que cette hypothèse était fournie, sinon il faut le supposer). On donne  $T(x=0) = T_1$  et  $T(x=L) = T_2$ , avec  $T_2 > T_1$ .

- En utilisant un bilan thermodynamique, montrer que  $j_{\text{ther}}(x) + \rho c v_0 T(x)$  est constant sur la longueur de la conduite, puis en déduire l'équation différentielle vérifiée par  $T(x)$ .
- Résoudre cette équation différentielle en nommant  $D$  la distance caractéristique qui apparait dans le calcul, puis calculer la valeur de  $D$  et la comparer à  $L = 5$  m. Tracer l'allure de l'évolution de  $T$  selon  $x$ .

Données :

- $\rho = 10^3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$
- $c = 4,15 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$
- $\lambda = 6 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
- $v_0 = 0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

**92 – Champ dans une cavité (Fayolle2-2023)**

On considère une cavité, de longueur  $L$  selon l'axe des  $x$ , délimitée par deux miroirs plans parfaits confondus avec les plans  $x = 0$  et  $x = L$ . Entre les deux miroirs il y a du vide. Le dispositif est invariant par translation selon  $Oy$  et selon  $Oz$ . On s'intéresse à l'étude de l'existence de champs électriques polarisés rectilignement selon  $Oz$ , induits dans la cavité par une antenne.

- Rappeler les conditions aux limites dues aux miroirs parfaits.
- Quelles fréquences « discrètes » peuvent exister dans la cavité? Déterminer l'expression du champ électrique au sein de cette cavité.

**93 – Oscillation d'un ballon météorologique (Fayolle3-2023)**

On considère un ballon de volume constant  $V_b$  gonflé à l'hélium, assimilé à un gaz parfait, à la pression  $2P_0$ ,  $P_0$  étant la pression atmosphérique au niveau du sol. On néglige la masse de l'enveloppe du ballon. Le ballon baigne dans l'atmosphère supposée isotherme à la température  $T_0 = 293$  K, l'air de l'atmosphère est assimilé à un gaz parfait.

La masse molaire de l'hélium est  $M_{\text{He}} = 4 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

et la masse molaire de l'air est  $M_{\text{air}} = 29 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ .

L'axe ( $Oz$ ) est l'axe vertical ascendant.

La constante des gaz parfaits vaut  $R = 8,314 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$ .

- Déterminer la pression  $P(z)$  dans l'atmosphère et exprimer la longueur caractéristique  $H$  du phénomène en fonction des données.
- Montrer que lorsque, initialement,  $z = 0$ , le ballon monte jusqu'à une altitude  $z_{\text{éq}}$  à exprimer en fonction des données.
- Montrer que le ballon va alors osciller et déterminer la période  $\tau$  des oscillations de faible amplitude en fonction de l'accélération de la pesanteur  $g$  et de  $H$ .

**94 – Dosage conductimétrique (Fayolle4-2023)**

On réalise le titrage conductimétrique de  $V_0 = 10$  mL d'une solution d'ammoniaque de concentration  $C_0$  inconnue par une solution d'acide chlorhydrique de concentration  $C_a =$  (valeur fournie mais je ne m'en souviens plus).

- Rappeler la relation entre la conductivité  $\sigma$ , les conductivités molaires ioniques  $\lambda_i$  et les concentrations  $C_i$ .
- Expliquer le montage à réaliser et déterminer la constante d'équilibre de la réaction.
- Peut-on dire que la réaction est totale?
- Expliquer l'allure du graphe représentant la conductivité corrigée  $\sigma'$  ( $\sigma' = (V_0 + v)\sigma$ ) en fonction du volume  $v$  d'acide chlorhydrique versé. Discuter du choix de représenter la conductivité corrigée  $\sigma'$  plutôt que la conductivité  $\sigma$ .

Données :  $\text{p}K_A(\text{NH}_4^+ / \text{NH}_3) = 9,2$

Conductivités molaires ioniques en  $\text{mS}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mol}^{-1}$  :  $\text{Cl}^-$  : 7,6;  $\text{H}_3\text{O}^+$  : 35,0;  $\text{HO}^-$  : 19,8;  $\text{NH}_4^+$  : 7,35.

### 95 – Pression sur un métal (Fayolle5-2023)

1. Donner l'expression du vecteur d'onde  $\vec{k}$ , du champ électrique  $\vec{E}$  et du champ magnétique  $\vec{B}$  pour une onde plane progressive monochromatique se propageant dans le vide selon  $\vec{u}_z$  et polarisée selon  $\vec{u}_x$ .
2. Un conducteur parfait dont la surface est positionnée en  $z = 0$  occupe le demi-espace  $z > 0$ . Donner l'expression, pour l'onde réfléchie, du vecteur d'onde  $\vec{k}_r$ , du champ électrique  $\vec{E}_r$  et du champ magnétique  $\vec{B}_r$ .
3. Calculer le courant surfacique sur la paroi du conducteur en  $z = 0$ .
4. En faisant une analogie avec la force de Laplace pour un modèle linéique, exprimer la force s'exerçant sur une surface  $dS$  du conducteur, puis en déduire la pression exercée par le champ sur le conducteur parfait.

### 96 – Pression sur un métal 2 (Fayolle6-2023)

Le même que le précédent mais avec beaucoup moins de détails!

On considère une onde électromagnétique plane harmonique polarisée rectilignement arrivant en incidence normale sur un conducteur parfait.

1. Déterminer l'expression de l'onde réfléchie.
2. Déterminer la densité surfacique de charge et de courant sur le métal.
3. Déterminer la pression moyenne exercée sur le métal.

### 97 – Piscine et patinoire (Fayolle7-2023)

On souhaite chauffer l'eau d'un bassin et créer une patinoire. Pour ce faire, on utilise une pompe à chaleur (PAC) qui fonctionne de manière réversible. L'air ambiant est à une température  $T_0 = 20^\circ\text{C}$ .

1. Faire un schéma du dispositif et des échanges d'énergies.
2. Déterminer le travail nécessaire et la température finale  $T_{f1}$  du bassin.

Données :

- Capacité thermique massique de l'eau liquide :  $c_l = 4,18 \text{ kJ}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ .
- Capacité thermique massique de l'eau solide :  $c_s = 2,06 \text{ kJ}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ .
- Enthalpie massique de fusion de l'eau :  $l_{\text{fusion}} = 334 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ .
- Masse d'eau du bassin :  $m = m_b = 2 \cdot 10^4 \text{ kg}$ .
- Masse d'eau de la patinoire :  $m_p = \frac{m_b}{5}$
- Température finale de l'eau de la patinoire :  $T_{f2} = -5^\circ\text{C}$ .

### 98 – Distance hyperfocale (Fayolle8-2023)

On étudie la distance hyperfocale d'un appareil photographique, c'est-à-dire la distance minimale où l'image est nette quand on fait la mise au point à l'infini.

L'objectif est assimilé à une lentille mince convergente de distance focale  $f' = 30 \text{ mm}$ , le diaphragme a un diamètre  $D = 2 \text{ mm}$  et l'image se forme sur un capteur. On fait la mise au point à l'infini.

1. Schématiser la situation en indiquant les foyers et la position du capteur.
2. Toujours en effectuant la mise au point à l'infini, on place un objet  $A$  à une distance  $d$  de l'objectif. On note  $\Delta$  la distance  $F'A'$  entre le foyer image de l'objectif et l'image  $A'$  de  $A$ . Montrer que  $\Delta = \frac{f'^2}{d-f'}$ . Donner une approximation possible sachant que  $d > 1 \text{ m}$ . Faire l'application numérique avec  $d = 1 \text{ m}$ .
3. Montrer à l'aide d'un dessin que le diamètre de la tache sur le capteur s'approche par  $\frac{Df'}{d}$ .
4. Le capteur a un grain  $g = 0,03 \text{ mm}$  (pas sûr de la valeur numérique). L'image est nette si la taille de la tache sur le capteur est inférieure au grain. Déterminer la distance hyperfocale (distance minimale à laquelle l'image est nette).

### 99 – Sensation chaud-froid (Fayolle9-2023)

Cet exercice s'intéresse à la sensation de froid quand notre doigt touche certaines matières. On considère tout d'abord un cylindre de section  $S$  de longueur  $L$  et de conductivité thermique  $\lambda$ . Le cylindre est parfaitement calorifugé latéralement. L'une des extrémités est maintenue à la température  $T_1$ , et l'autre extrémité est maintenue à la température à  $T_2$ . *L'énoncé ne précisait pas qu'on se plaçait en régime permanent, il fallait formuler l'hypothèse.*

1. Rappeler la définition de la résistance thermique, et déterminer celle de ce cylindre (en indiquant la démarche).
2. Tracer le profil de température dans le cylindre.
3. Expliquer qualitativement la sensation de froid lorsque l'on touche de l'acier et pas lorsque l'on touche du bois.

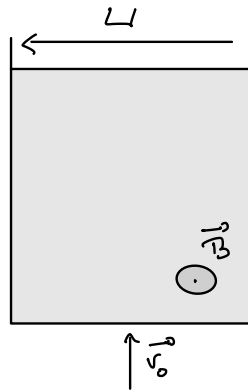
On modélise le contact doigt-objet.

- On modélise le doigt par un cylindre de section  $S$ , de longueur  $L_1$  et de conductivité thermique  $\lambda_1$ , calorifugé latéralement. L'une des extrémités est à la température  $T_0 = 37^\circ\text{C}$ , l'autre extrémité est à la température à  $T$ .
- On modélise l'objet par un cylindre de section  $S$ , de longueur  $L_2$  et de conductivité thermique  $\lambda_2$ , calorifugé latéralement. L'une des extrémités est à la température  $T_p = 27^\circ\text{C}$ , l'autre extrémité est à la température à  $T$ .
- Les deux cylindres sont mis en contact.

- Exprimer  $T$  en fonction des données.
- On prend  $L_1 = L_2$  et  $\lambda_1 = 10$  USI. Tracer  $T$  en fonction de  $\lambda_2$ .
- Expliquer la sensation de froid pour un contact avec l'acier et pas pour un contact avec le bois. On donne  $\lambda_{\text{acier}} = 100$  USI et  $\lambda_{\text{bois}} = 1$  USI.

### 100 - Mouvement dans E et B (Fayolle10-2023)

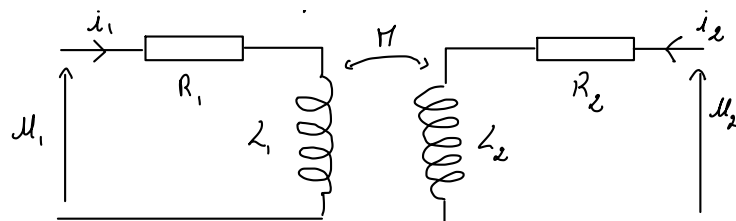
Une particule de masse  $m = 10^{-27}$  kg, de charge  $q = -3e$  ( $e$  étant la charge élémentaire) (valeur numérique de  $e$  non rappelée), se déplace dans le vide à une vitesse  $v_0 = 10^6$  m·s<sup>-1</sup>. Elle rentre ensuite dans une zone carrée de côté  $D = 1$  cm où règne un champ magnétique uniforme  $B = 3$ . Une tension  $U$  peut également être appliquée entre deux plaques.



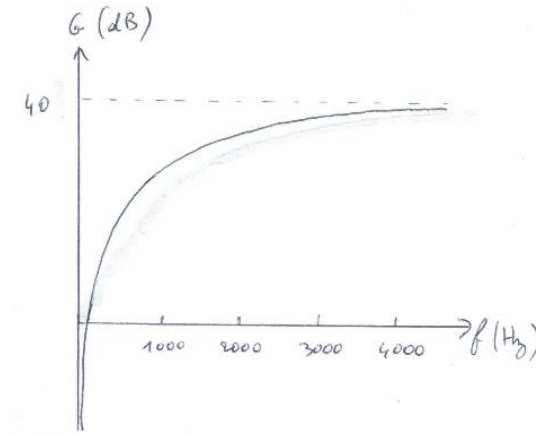
- Déterminer et tracer la trajectoire lorsque  $U = 0$ .
- On cherche à ce que la particule ne soit pas déviée. Donner le signe et la valeur de  $U$  pour que ce soit le cas.

### 101 - Transformateur (Fayolle11-2023)

On considère un transformateur parfait. On note  $M$  la mutuelle inductance. On suppose  $R_1 = R_2$  et  $L_1 = L_2$  (données inutiles?).



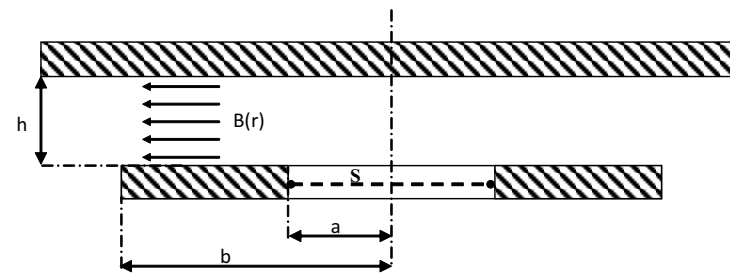
- Ecrire deux équations différentielles liant  $u_1$ ,  $u_2$ ,  $i_1$  et  $i_2$ .
- La tension  $u_1$  est créée par un générateur de tension sinusoïdale. Que deviennent les équations précédentes?
- On note  $G = 20 \log \left( \frac{U_{2\text{eff}}}{U_{1\text{eff}}} \right)$ . On donne  $R_1 = 1 \Omega$ . Déterminer  $L_1$  et  $M$ . A priori, il n'y avait pas de charge en sortie du secondaire, on travaillait à vide.



### 102 - Lévitacion au dessus d'un supraconducteur (Fayolle12-2023)

On considère un supraconducteur parcouru par un courant, en forme d'anneau plat (vu en coupe dans la partie basse de la figure ci-dessous) et on appelle  $S = \pi a^2$  le disque médian s'appuyant sur le bord interne de l'anneau.

Le supraconducteur est un cylindre de rayon  $r = b$ , creusé par un cylindre de rayon  $r = a$ . Le supraconducteur se situe entre  $r = a$  et  $r = b$ , C'est un tore de section rectangulaire. On admet que les champs électrique et magnétique sont nuls dans le supraconducteur.



Matériau supraconducteur



- À partir de l'équation de Maxwell-Faraday, montrer que le flux de  $\vec{B}$  généré par le supraconducteur à travers la surface  $S$  est une constante indépendante du temps et donc du mouvement des dispositifs physiques extérieurs à l'anneau, quels qu'ils soient. On appellera  $\Phi$  cette constante sans chercher à la calculer explicitement.
- Montrer que  $B = \frac{\alpha\phi}{r}$  avec  $\alpha$  à exprimer en fonction de  $h$ ,  $B$  étant la norme du champ magnétique supposé radial et ne dépendant que de  $r$  entre le cylindre supraconducteur et le plateau.
- Calculer la force magnétique exercée sur le supraconducteur qui surplombe l'anneau (on ne tiendra compte que de la force exercée à l'aplomb de l'anneau, c'est à dire dans la zone située à une distance de l'axe comprise entre  $a$  et  $b$ ), en admettant l'expression de la pression  $\frac{B^2}{2\mu_0}$ .  
On s'aidera d'un schéma des lignes de champ magnétique pour justifier la validité de l'approximation faite ici.
- On prend  $\Phi = 2,8 \cdot 10^{-5}$  Wb,  $\frac{b}{a} = e^2$  ( $e$  étant la base des logarithmes népériens) et une masse de supraconducteur  $m = 0,1$  kg. Calculer la valeur d'équilibre  $h_0$  de  $h$ , en supposant le supraconducteur supérieur en lévitation (c'est à dire qu'aucune autre force que la pesanteur et la pression du champ ne s'exerce sur lui).

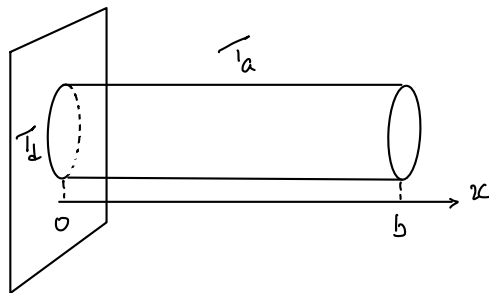
### 103 – Position d'équilibre (Fayolle13-2023)

On admet qu'un ion calcium  $\text{Ca}^{2+}$  se déplace dans l'espace où règne un potentiel électrique  $V = \alpha(x - x_0)^2$ , avec  $\alpha = 10^{10} \text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$ .

- Déterminer la ou les positions d'équilibre, discuter de leur stabilité.
- Exprimer la fréquence d'oscillation autour de cette ou ces positions d'équilibre.

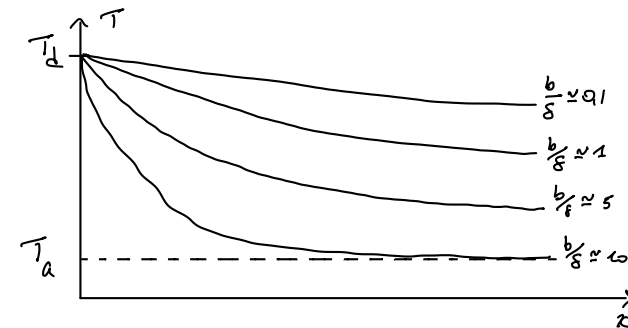
### 104 – Ailette (Fayolle14-2023)

On se propose d'étudier une ailette de refroidissement cylindrique, de rayon  $a$  et de conductivité thermique  $\lambda$ . La puissance surfacique échangée entre l'ailette à la température  $T$  et l'air à la température  $T_a$  est donnée par :  $\alpha(T - T_a)$ .



On se place en régime permanent (l'hypothèse n'était pas dans l'énoncé, elle était à formuler par le candidat).

- En effectuant un bilan d'énergie, établir une équation différentielle vérifiée par  $T(x)$ . On pose  $\delta = \sqrt{\frac{\lambda a}{2\alpha}}$ .
- Donner les conditions aux limites en  $x = 0$  et  $x = b$  dans le cas général. On suppose désormais que  $b \gg \delta$ . Exprimer  $T(x)$  dans ce cas.
- On définit la résistance thermique de l'ailette par  $R_a = \frac{T_d - T_a}{P_{\text{tot}}}$ , où  $P_{\text{tot}}$  est la puissance totale évacuée par l'ailette. Déterminer  $R_a$  lorsque  $b \gg \delta$ .  
Déterminer le gain fourni par l'ailette. *La question n'était pas tout à fait formulée comme ça, mais c'était ça l'idée. Elle n'était pas très détaillée en fait. On pourrait la détailler davantage en écrivant : Déterminer l'apport de l'ailette en comparant au cas où l'ailette est absente et où l'échange en  $x = 0$  se fait directement avec l'air.*
- A l'aide du graphique ci-dessous, expliquer si l'approximation faite à la question 2 est pertinente. Commenter.



### 105 – Tuyau de pétrole (Fayolle15-2023)

Du pétrole circule dans un tuyau de rayon  $R = 0,25$  m et de longueur  $L = 1,0$  km.

On souhaiterait être en régime permanent. *Cette phrase est bizarre, mais elle était écrite ainsi mot pour mot, sans plus de détails... On va considérer le régime permanent!*

Le débit volumique vaut  $D_v = 1 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ .

Le pétrole a une viscosité cinématique  $\nu = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ . *À noter que la définition de la viscosité cinématique n'était pas rappelée.*

Si  $Re < 2000$ , alors la vitesse est telle que :  $v(r) = B(1 - (\frac{r}{R})^2)$ .

La force de cisaillement exercée par le fluide sur une surface  $dS$  de la conduite vaut :  $d\vec{F} = \pm \eta dS \frac{\partial v}{\partial r} \vec{u}_x$ .

*L'énoncé ne précisait ni que  $x$  est l'axe longitudinal de la conduite, ni que  $\eta$  est la viscosité dynamique du fluide.*

- Déterminer la vitesse moyenne dans le tuyau.
- Déterminer le coefficient  $B$ . Il fallait déjà vérifier que  $Re < 2000$  pour pouvoir utiliser la formule. On trouve un nombre de Reynolds supérieur à 2000 quand on fait l'application numérique avec les valeurs numériques rapportées par l'élève (elles doivent être erronées).
- Déterminer la force exercée par le pétrole sur la canalisation.
- Il y a une différence de pression entre l'entrée et la sortie du tuyau. Déterminer grâce à un raisonnement physique le signe de  $\Delta P$ . Commenter.

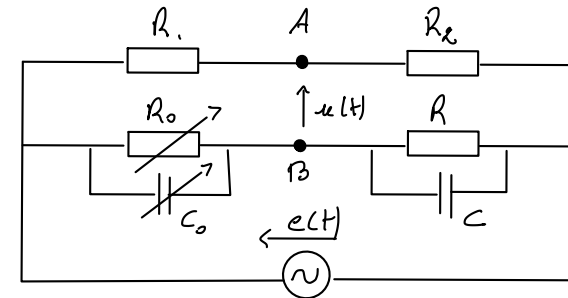
### 106 – Chimie (Fayolle16-2023)

On s'intéresse à un électrolyseur alimenté par un générateur de tension  $U = 5$  V. Dans la solution électrolytique, il y a les ions  $O^{2-}$  et les ions  $Al^{3+}$ . Sur une électrode se forme de l'aluminium liquide, et sur l'autre électrode il se forme un corps gazeux.

- Cristallographie :
  - Les ions  $O^{2-}$  cristallisent dans une structure cubique à faces centrées. Dessiner la maille. Combien y-a-t-il d'ions  $O^{2-}$  par maille?
  - Combien d'ions  $Al^{3+}$  se trouvent dans une maille cfc décrites par les ions  $O^{2-}$  ?
  - Où peuvent se situer les ions  $Al^{3+}$  ?
- Electrolyseur :
  - Faire un schéma de l'électrolyseur. Préciser le sens du courant, le sens de parcours des électrons.
  - Ecrire les réactions à l'anode et à la cathode. Il y avait une précision qui ressemblait à : la solution électrolytique est à  $T = 900$  K, la réaction à l'une des électrodes n'est pas en solution aqueuse. La précision est mal formulée, mais ça voulait dire qu'il ne fallait pas faire intervenir l'eau dans la demi-équation électronique.
  - Donner l'équation-bilan de la réaction.
- Courbes courant – potentiel :
  - Tracer les courbes courant – potentiel.
  - Commenter les paliers.

Données : Couples  $(Al/Al^{3+})$  et  $(O_2/O^{2-})$

### 107 – Equilibre d'un pont (Fayolle17-2023)



On donne  $\frac{R_1}{R_2} = 5$ .

On cherche à mesurer expérimentalement la capacité  $C$ . Pour cela, on réalise le montage ci-dessous. On note  $Z$  l'impédance complexe équivalente à la résistance  $R$  en parallèle avec la capacité  $C$ , et on note  $Z_0$  l'impédance complexe équivalente à la résistance  $R_0$  en parallèle avec la capacité  $C_0$ .

- Rappeler le modèle du condensateur plan et donner l'expression de  $C$ , en rappelant les grandes lignes de la démonstration.
- Exprimer  $u$  en fonction de  $Z$ ,  $Z_0$ ,  $R_1$ ,  $R_2$  et  $e$ .
- Le pont est équilibré quand  $u(t) = 0 \forall t$ . Expérimentalement, le pont est équilibré quand  $C_0$  est compris entre 1,42 nF et 1,47 nF. En déduire la valeur de  $C$ , en précisant les incertitudes.

### 108 – Climatisation d'avion (Fayolle18-2023)

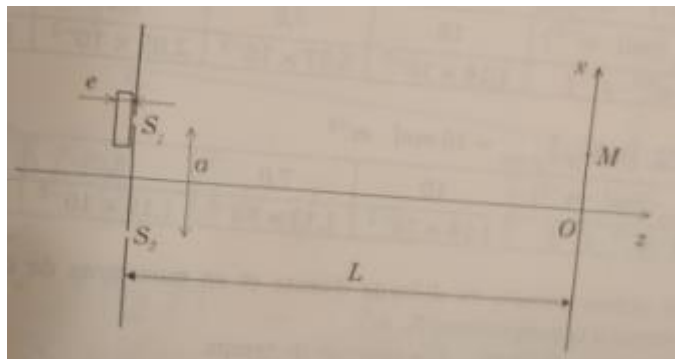
Afin de maintenir au frais une cabine d'avion, on se propose d'étudier un système de refroidissement.

A l'état 1, de l'air décrivant un cycle est à la pression  $P_1 = 0,1$  MPa et à la température  $T_1 = -20$  °C. Le fluide subit une compression adiabatique réversible dans un compresseur, la pression est alors  $P_2 = 0,5$  MPa. Le fluide entre ensuite dans un échangeur isobare, et en ressort à la température  $T_3 = 10$  °C. Puis l'air subit une détente adiabatique réversible jusqu'à la pression  $P_4 = P_1$ . Enfin, le fluide termine son cycle en circulant dans un échangeur isobare et revient à l'état 1 (pression  $P_1$ , température  $T_1$ ).

- Représenter ce cycle dans le diagramme entropique et dans le diagramme de Clapeyron (il fallait justifier l'allure des différentes portions de courbes).
- Définir et déterminer l'efficacité de ce cycle. Faire l'application numérique.
- On cherche à avoir une puissance frigorifique de 1,0 kW. Quel débit massique d'air faut-il avoir?

### 109 – Trous d'Young (Fayolle19-2023)

Un dispositif des trous d'Young est utilisé afin de vérifier la qualité de l'homogénéité d'une lame mince transparente (voir figure ci-dessous). Le dispositif est éclairé en incidence normale par une onde plane, monochromatique, de longueur d'onde  $\lambda$ , issue d'une source  $S$  ponctuelle, placée au foyer objet d'une lentille convergente. Les deux trous sont distants de  $a$ . L'observation se fait sur un écran parallèle au plan des trous situé à grande distance de ceux-ci.



1. En l'absence de la lame, tracer la marche de deux rayons lumineux issus de la source et interférant en  $M(x, y, 0)$  puis déterminer la différence de marche  $\delta = (SM)_2 - (SM)_1$ . En déduire l'interfrange  $i$ , rappeler l'expression de l'éclairement  $E(x)$  sur l'écran et la figure d'interférences observée sur l'écran.
2. La lame d'indice  $n$  (supposée pour l'instant homogène) est à présent placée devant le trou  $S_1$  : déterminer la nouvelle différence de marche en  $M$ .
3. La lame n'est à présent plus supposée homogène. On constate alors expérimentalement en déplaçant la lame parallèlement aux trous de telle sorte que chaque point de la lame ait été éclairé le défilement en  $O$  de 4 interfranges (défilement entre les valeurs minimale et maximale de l'indice). Déterminer, en fonction de  $\lambda$  et  $e$  l'écart  $\Delta n = n_{\max} - n_{\min}$  entre les valeurs extrêmes de l'indice de réfraction de la lame. Calculer  $\frac{\Delta n}{n}$  et conclure.

Données :  $\lambda = 579,0 \text{ nm}$ ,  $e = 2,000 \text{ mm}$ ,  $n = 1,598$ .

### 110 – Cinétique chimique (Fayolle20-2023)

On s'intéresse à la réaction :  $\text{NO}_2(\text{g}) + \text{CO}(\text{g}) = \text{NO}(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g})$

Hypothèses :

- Les gaz sont assimilés à des gaz parfaits.
- Volume  $V = \text{cte}$ .
- $T = 500 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Dans une enceinte initialement vide, on introduit  $\text{NO}_2(\text{g})$  et  $\text{CO}(\text{g})$ .

L'ordre partiel relatif à  $\text{NO}_2(\text{g})$  est noté  $p$ .

L'ordre partiel relatif à  $\text{CO}(\text{g})$  est noté  $q$ .

On réalise deux expériences :

**Expérience 1 :**  $[\text{CO}] = \text{cte}$  (A priori, l'énoncé ne précisait pas comment maintenir cette concentration constante. Cela peut être en réalisant une dégénérescence de l'ordre).

$[\text{NO}_2] \text{ mol}\cdot\text{m}^{-3}$	10	7,0	5,0	3,0
vitesse initiale $v_0 \text{ mol}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{s}^{-1}$	fournie	fournie	fournie	fournie

On pouvait constater que  $\frac{v_0(10)}{v_0(5,0)} = 4$ .

**Expérience 2 :**  $[\text{NO}_2] = \text{cte}$  (A priori, l'énoncé ne précisait pas comment maintenir cette concentration constante. Cela peut être en réalisant une dégénérescence de l'ordre).

$[\text{CO}] \text{ mol}\cdot\text{m}^{-3}$	10	7,0	5,0	3,0
vitesse initiale $v_0 \text{ mol}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{s}^{-1}$	fournie	fournie	fournie	fournie

On pouvait constater que la vitesse initiale ne dépendait pas de la concentration initiale en monoxyde de carbone.

Deux remarques à propos des tableaux fournis :

- Je ne suis pas sûre des unités pour les concentrations et les vitesses.
- Les tableaux ne précisait pas qu'il s'agissait des concentrations initiales...

1. Déterminer les ordres partiels  $p$  et  $q$  relatifs à  $\text{NO}_2$  et à  $\text{CO}$ .
2. Déterminer  $[\text{NO}_2]$  en fonction du temps.
3. On change la température :  $T_2 = 550 \text{ }^\circ\text{C}$ . Déterminer la constante de vitesse  $k_2$  à cette température. Je ne suis pas sûre de la question. Il me semble que l'énoncé fournissait l'énergie d'activation de cette réaction. Manque de données pour résoudre...

## Oral 2022

**111 – Titration du diiode avec du thiosulfate de sodium (Allard1-2022)**

On a une solution de diiode ( $I_2$ ) de concentration  $C_0$  inconnue et du thiosulfate de sodium ( $2Na^+ + S_2O_3^{2-}$ ) de concentration  $C_r = 0,01 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ .

- Donner la réaction d'oxydoréduction puis calculer la constante de réaction. Est-ce une valeur favorable à un titrage.
- On prélève un volume  $V_0 = 10 \text{ mL}$  de diiode et à l'équivalence, on verse  $V_r = 9,2 \text{ mL}$  thiosulfate de sodium. calculer la concentration  $C_0$ . On donne
  - $\text{> } E^\circ(I_2/I^-) = 0,54 \text{ V}$
  - $\text{> } E^\circ(S_4O_6^{2-}/S_2O_3^{2-}) = 0,08 \text{ V}$

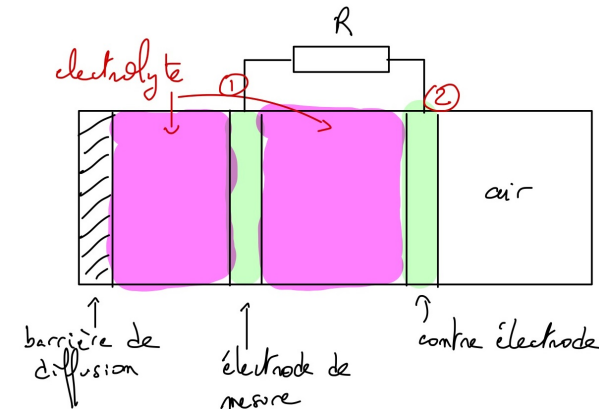
**112 – Conduction dans une barre de cuivre (Allard2-2022)**

On a une barre en cuivre de longueur  $\ell = 85 \text{ cm}$  et de diamètre  $d = 2,2 \text{ cm}$ . On suppose que la température ne varie que selon  $z$  (axe principal de la barre) on place une résistance en  $z = 0$  et on suppose que le flux produit par effet joule se transmet intégralement. A l'autre extrémité on a un système de refroidissement par eau dans un circuit enroulé autour de la barre qui maintient la température constante en  $z = L$ .

- Établir l'équation de la chaleur. Donner le profil de la température dans la barre en régime permanent.
- On donne  $U = 6 \text{ V}$  et  $R = 2 \Omega$  pour la résistance et on relève les températures aux cotes  $z = 24 \text{ cm}$  et  $z = 36 \text{ cm}$   $T_1 = 56,4 \text{ }^\circ\text{C}$  et  $T_2 = 42,0 \text{ }^\circ\text{C}$ . Calculer la conductivité du cuivre sachant que l'on est en régime permanent.
- Déterminer le débit massique d'eau pour avoir une élévation de température de l'eau de  $10 \text{ }^\circ\text{C}$  ( $c_{p,\text{eau}} = 4,18 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ).

**113 – Détection du monoxyde de carbone (Audap1-Maubert-2022)**

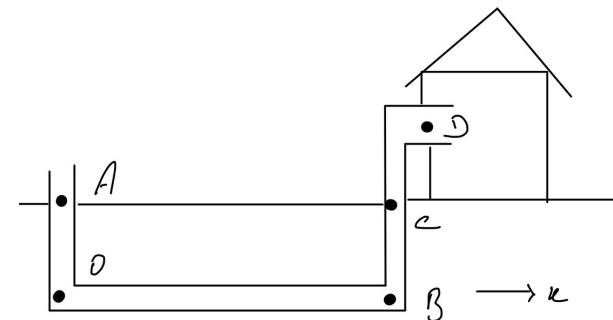
- Peut-on détecter le monoxyde de carbone sans appareil?
- On utilise une « pile » pour mesurer la quantité de monoxyde de carbone dans un gaz. Elle dispose d'une membrane qui ne laisse passer que le monoxyde de carbone (et il est dissous dans l'électrolyte). La pile fait intervenir le couple  $CO/CO_2$ .



- Donner la réaction faisant intervenir  $CO(g)$ . Quelle réaction pour l'air sur la contre-électrode? Donner l'équation de fonctionnement. (En plus : donner les pôles de la pile)
- Donner  $i$  en fonction de la vitesse de disparition du monoxyde de carbone
- On montre que  $i$  est proportionnel à la concentration en monoxyde de carbone dans le gaz que l'on teste. Expliquer alors le fonctionnement de la pile.
- Quels sont les avantages et les inconvénients de ce système?

**114 – Refroidissement de l'air d'une maison (Audap2-Maubert-2022)**

On considère un conduit comme ci-dessous :



Sur  $AO$  et  $BC$  on néglige les échanges thermiques car la longueur des tronçons est très petite devant  $OB$ .

On a le tronçon  $CD$  qui est totalement calorifugé.

L'écoulement s'effectue à une vitesse  $v$ .

Tout le tuyau est à section circulaire ( $R = 10 \text{ cm}$ ).

En  $x = 0$ , l'air rentre à la température  $T_{\text{ext}}$ .

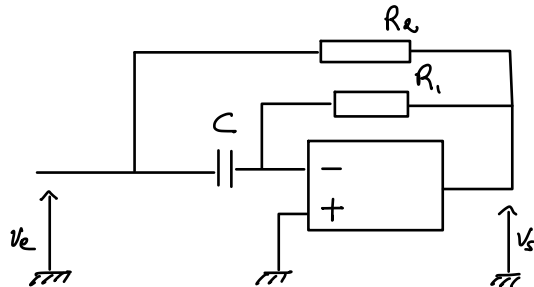
- Démontrer le premier principe pour un écoulement stationnaire.
- Sur  $OB$  on a :  $\vec{j} = h_{cc}(T(x) - T_{\text{sol}})\vec{u}_r$ , faire un bilan d'énergie sur un tronçon  $dx$  du tube et établir que :  $\frac{dT}{dx} + \frac{2h_{cc}}{\rho c_p R v}(T - T_{\text{sol}})$ .
- Calculer  $T(x)$  et en déduire  $T(L)$ . Commenter.

On donne :

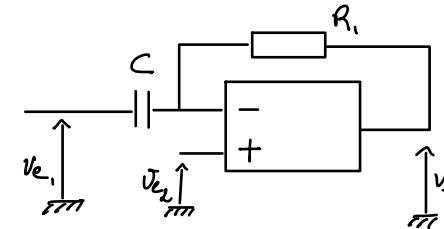
- $OB = L = 30 \text{ m}$
- $T_{\text{ext}} = 32 \text{ °C}$
- $T_{\text{sol}} = 15 \text{ °C}$
- Capacité thermique massique à pression constante de l'air :  $C_p = 1000 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$
- Masse volumique de l'air à cette plage de température :  $\rho = 1,292 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$
- $v = 0,88 \text{ m/s}$
- $h_{cc} = 10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$

### 115 – Impédance d'entrée (Barlet1-2022)

- Caractéristiques de l'ALI idéal
- Schéma d'un ALI non inverseur. Calculer l'impédance d'entrée de ce circuit.
- Déterminer l'admittance d'entrée de ce circuit.



4.  $V_s = \mu(V_+ - V_-)$



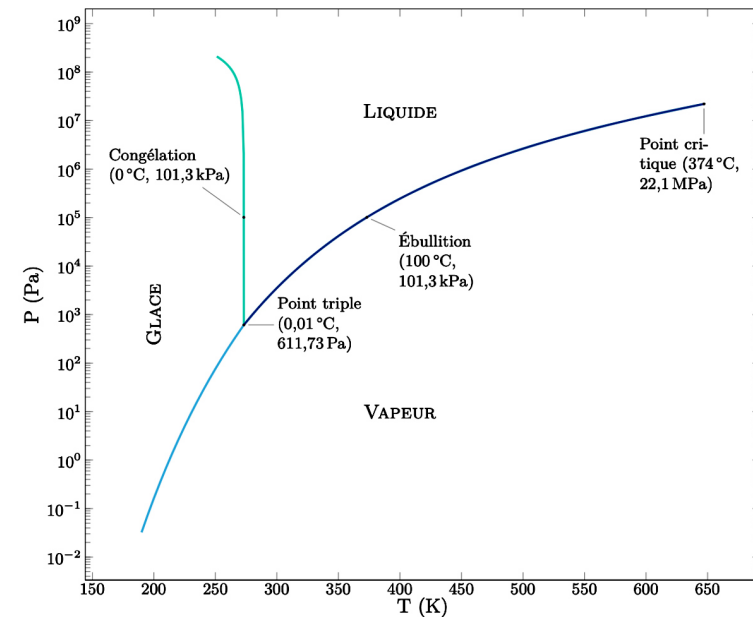
Calculer  $V_s$  en fonction de  $V_{e1}$  et de  $V_{e2}$ .

Déterminer la valeur de  $\mu$  pour avoir un écart inférieur à 1 % avec l'ALI idéal.

### 116 – Température de l'air (Barlet2-2022)

La température de l'air d'un glacier suit la loi suivante :  $T(z) = T_0 - bz$

- Montrer que la pression de l'air suit la loi :  $P(z) = P_0(1 - \frac{bz}{T_0})^{\frac{Mg}{Rb}}$ .  
(On nous donne  $M_{\text{air}} = 29 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,  $T_0 = 293 \text{ K}$ ,  $b = 6,8 \cdot 10^{-3} \text{ K} \cdot \text{m}^{-1}$ )
- Déterminer  $T_{\text{ébullition}}$  au sommet de l'Everet (8850m) à l'aide d'une courbe PT.



### 117 – Eau dans une cafetière (Brugerolle1-Lesvigne-2022)

On traite ici un système permettant de chauffer l'eau circulant dans un tube à l'aide d'une résistance. La résistance est traversée par un courant  $I = 5 \text{ A}$  sous une tension  $U = 220 \text{ V}$ . La viscosité de l'eau est négligée, et on considère l'écoulement comme étant stationnaire. L'eau circule à un débit massique  $D_m = 5,0 \text{ g}\cdot\text{s}^{-1}$ , et sa température à l'entrée  $T_e$  vaut  $15 \text{ }^\circ\text{C}$ .

1. Faire un bilan d'énergie complet entre l'entrée et la sortie du tube
2. On suppose la différence de hauteur entre l'entrée et la sortie négligeable. On suppose la section constante. Simplifier, en justifiant, le bilan d'énergie.
3. On suppose que toute la puissance fournie par la résistance est thermique. Calculer la température de l'eau  $T_s$  à la sortie du tube. On rappelle la capacité thermique massique de l'eau :  $c_{p,m} = 4,18 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ .
4. On décide de prendre en compte la viscosité de l'eau. Pour cela, on modélise les frottements visqueux comme une perte de charge de  $0,1 \text{ bar}$ . Quelle puissance doit fournir une pompe [qu'on rajoute au système] pour compenser la viscosité de l'eau? Comment changerait le bilan énergétique? Est ce que la température de sortie de l'eau va changer? Commenter.

### 118 – Multimètre (Brugeroles2-Lesvigne-2022)

On cherche à récupérer la tension efficace d'un circuit en utilisant un multimètre. Le processus étant en réalité assez complexe, les multimètres classiques, non TRMS, utilisent une autre méthode pour relever la tension efficace d'un circuit. Ils vont d'abord calculer la moyenne de la tension redressée  $\langle |u(t)| \rangle$ , puis multiplier cette valeur par un coefficient  $K$  (indépendant de la tension d'entrée) pour obtenir la valeur efficace. Nous allons chercher à déterminer ce coefficient  $K$

1. Rappeler la définition d'une tension efficace. Calculer la tension efficace de l'entrée sinusoïdale  $u(t) = E \sin(\omega t)$  et de l'entrée créneau qui vaut  $u(t) = E$  entre  $0$  et  $T/2$  et qui vaut  $u(t) = -E$  entre  $T/2$  et  $T$ .
2. Calculer  $\langle |u(t)| \rangle$  dans le cas où  $u(t)$  sinusoïdale. En déduire le coefficient  $K$ .
3. Faire de même pour l'entrée créneau. Commenter.
4. Soit une tension  $u(t) = E \sin(\omega t) + U_0$  avec  $U_0 = 1 \text{ V}$ . Que vaut  $U_{\text{eff}}$ ? Que lirait un multimètre RMS (je pense que l'examinateur pense en fait à la question suivante)? Comment fonctionne-t-il dans la pratique en TP?

### 119 – Equilibre de l'oxyde d'azote (Dabon1-2022)

On considère  $2\text{NO}_2 = \text{N}_2\text{O}_4$ , en phase gazeuse.

Données à  $298 \text{ K}$  :

Espèce	$\text{NO}_2(\text{g})$	$\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$
$\Delta_f H^\circ (\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1})$	33,2	9,2
$S_m^\circ (\text{J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1})$	240	304

1. Calculer la Variance (HP à partir 2023).
2. a. Que se passe-t-il si on augmente la température?  
b. Que se passe-t-il si on augmente la pression?
3. On a une enceinte de  $4 \text{ L}$  à la température de  $298 \text{ K}$ . On insert  $1 \text{ mole}$  de  $\text{NO}_2$  dans l'enceinte, combien reste-t-il de dioxyde d'azote à l'état final?
4. Calculer le transfert thermique lors de la réaction.

### 120 – Chauffe-eau solaire (Dabon2-2022)

Données : (il s'agissait d'un texte initialement, voilà les informations précisées. La puissance thermique surfacique du soleil n'était pas précisée dans le texte je l'ai noté  $P_{\text{sol}}$ )

$h_0$  : coefficient de Newton de l'air

$h_f$  : coefficient de Newton du liquide

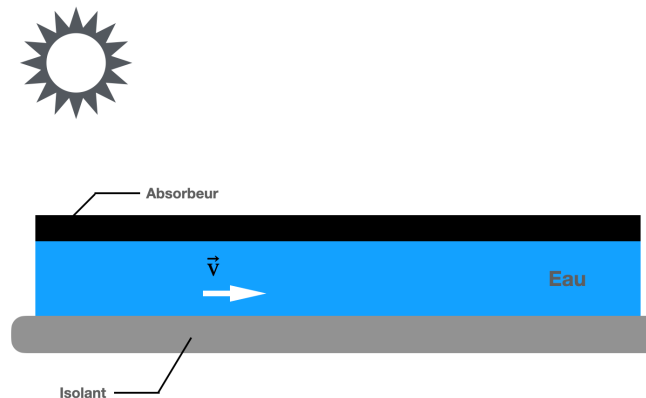
$C$  : Capacité calorifique totale de l'absorbeur de longueur  $L$  et largeur  $\ell$

$T_0$  : température de l'air

$T_f$  : température du liquide

$T_a$  : température de l'absorbeur

L'épaisseur de l'absorbeur est négligée (pas vu l'intérêt dans les questions car on prend en compte sa capacité thermique)



1. Faire un bilan d'énergie sur un volume mésoscopique de l'absorbeur.
2. Faire un bilan d'énergie sur un volume mésoscopique d'eau.

### 121 – Fente d'Young (Etienne1-Traia-2022)

On éclaire avec une lumière  $\lambda_0 = 600 \text{ nm}$ .

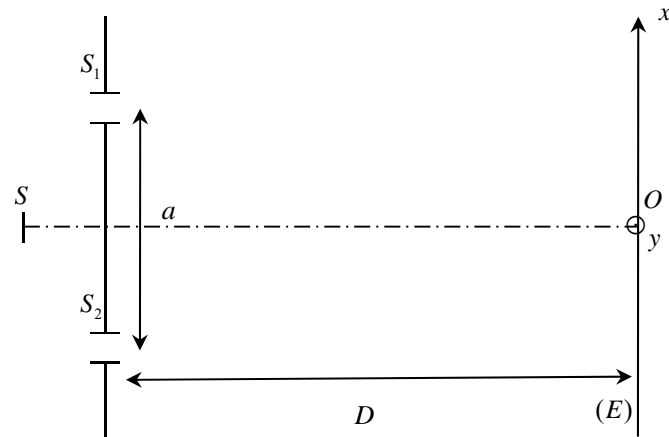
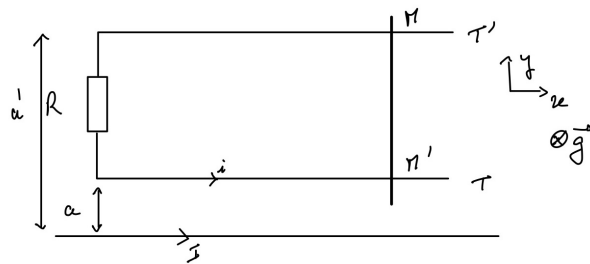


Fig. 2 - Trous d'Young

$a = 2 \text{ mm}$ ,  $D = 20 \text{ cm}$ .

- Quel type de frange est alors obtenu? (Forme et dessin sur l'écran) Établir la formule de Fresnel associée (« Établir » mais il ne demandait pas de la démontrer)
- On a un observateur qui regarde l'écran. La résolution de ses yeux est de 1,2 minutes d'angle. Son punctum proximum est à 25 cm, son punctum remotum est à l'infini.
  - Les franges sont-elles visibles par l'observateur à l'œil nu?
  - On place une loupe pour l'observateur  $f' = 5 \text{ cm}$  réglée pour voir l'image à l'infini, qu'en est-il cette fois?

**122 - Rail de Laplace (Etienne2-Traia-2022)**



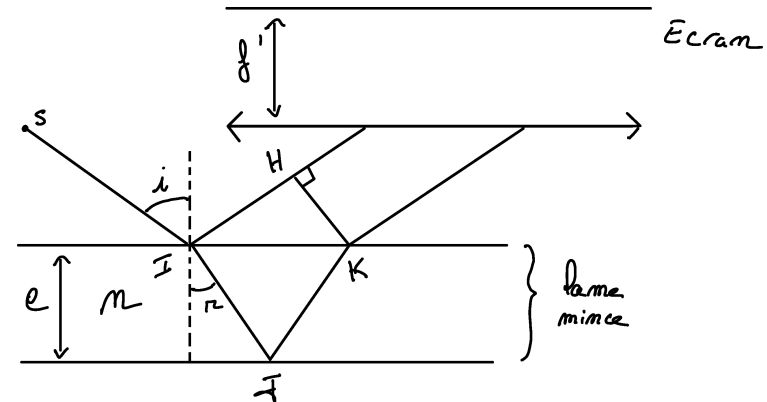
On a une barre  $MM'$  qui glisse sans frottement sur deux rails  $T$  et  $T'$ . On alimente un fil infini d'un courant  $I$ . Un opérateur exerce une force  $\vec{F} = F \cdot \vec{u}_x$ , en un point  $C$  quelconque de la barre, telle que la barre ait un mouvement de translation rectiligne uniforme.

- Déterminer la force  $\vec{F}$  telle que la barre soit en translation rectiligne uniforme.

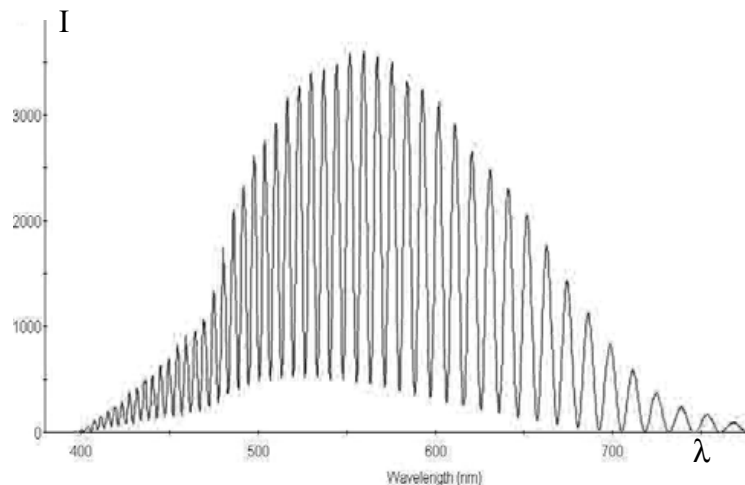
- Comparer la puissance associée à  $\vec{F}$  à la perte de puissance joule.

**123 - lame mince (Galouye1-2022)**

Soit  $S$  une source ponctuelle monochromatique,  $\lambda = 600 \text{ nm}$ .



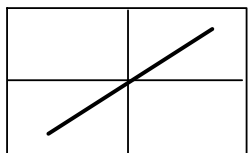
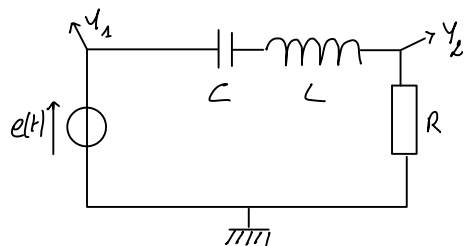
- Compléter les rayons émergents qui arrivent sur l'écran.
  - Montrer que  $\delta = (SIJK) - (SIH)$ .
  - Montrer que  $\delta = 2ne \cos(r) + \lambda_0/2$ .
- A-t-on des franges d'égale épaisseur ou d'égale inclinaison?
  - On donne  $e = 7,8 \mu\text{m}$ ,  $f' = 20 \text{ cm}$ ,  $n = 1,55$ . Calculer  $p_0$  l'ordre au centre. Conclure.
- On éclaire désormais en incidence normale, une nouvelle lame de même indice avec une lumière blanche. On donne le graphe :



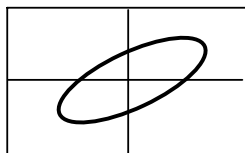
- Expliquer l'allure de la courbe.
- Donner une estimation de  $\epsilon'$ .

### 124 – Mesure d'inductance (Galouye2-2022)

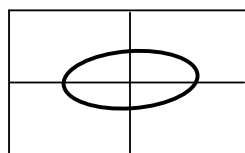
On considère une bobine de 1000 spires,  $C = 100 \text{ nF}$ ,  $R = 100 \Omega$  branché sur un GFB. On observe à l'oscilloscope la réponse du circuit pour différentes fréquences en mode XY.



$$f = 7,12 \text{ kHz}$$



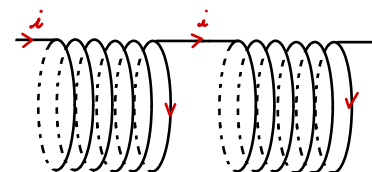
$$f = 9,76 \text{ kHz}$$



$$f = 12,41 \text{ kHz}$$

- Calculer l'inductance  $L$ .

On branche en série deux bobines identiques de façon à ce que  $i$  circule dans le même sens dans les 2 bobines que l'on colle l'une à l'autre. En inversant le branchement sur la deuxième bobine, on change le sens de  $i$  dans celle-ci. On note  $M > 0$  la valeur absolue de l'inductance mutuelle.



- Si  $i$  traverse les 2 bobines dans le même sens. Calculer l'inductance équivalente des deux bobines  $L'$  en fonction de  $L$  et  $M$ .
  - On change le sens de  $i$  dans la deuxième bobine. Calculer l'inductance équivalente  $L''$ .
  - En reprenant le raisonnement de la question 1 : calculer l'inductance mutuelle  $M$  sachant qu'on observe dans les deux cas précédents deux fréquence de résonance  $f_1 = 4,2 \text{ kHz}$  et  $f_2 = 5,3 \text{ kHz}$ . Calculer  $k = \frac{M}{L}$ . Conclure.
- Question supplémentaire : Si  $k = 1$  qu'est-ce-que ça induit pour les lignes de champ?

### 125 – Thermochimie (Gelin1-2022)

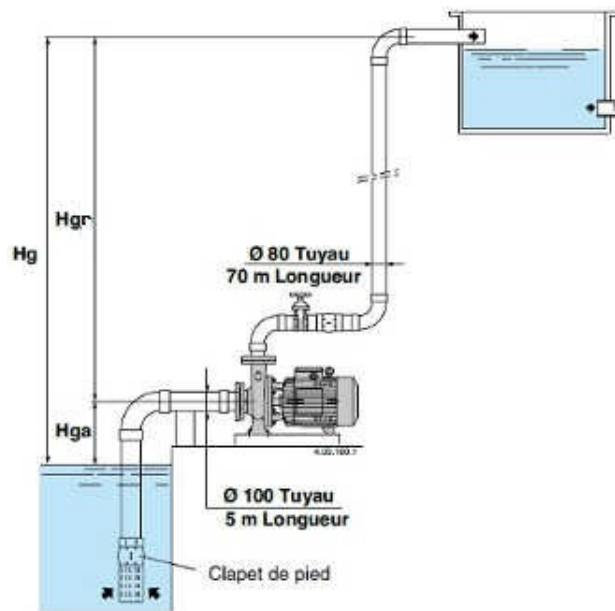
On veut produire du SiC avec du  $\text{SiO}_2$  et du carbone solide. La réaction produit aussi du CO.

- Calculer l'enthalpie standard de réaction ainsi que l'entropie standard de réaction et commenter.
- On fait la réaction à  $2400^\circ\text{C}$ , pourquoi? Comment évolue l'équilibre si on augmente la pression?
- L'énergie massique nécessaire pour la réaction est de  $28,4 \text{ MJ/kg}$  pour produire du SiC. Justifier cette valeur et commenter. (Il faut je pense calculer l'énergie à fournir sachant que les réactifs sont forcément à température ambiante au départ!)

Données :

Espèce	$\text{SiO}_2(\text{s})$	$\text{C}(\text{s})$	$\text{SiC}(\text{s})$	$\text{CO}(\text{g})$
$\Delta_f H^\circ (\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1})$	-911		-65	-111
$S_m^\circ (\text{J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1})$	41	6	16	198
$c_p^\circ (\text{J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1})$	44	8,5		

### 126 – Pompe (Gelin2-2022)



Donnée :

- $P_{\text{pompe}} = 1000 \text{ W}$
- $D_v = 14 \text{ L/min}$
- Diamètre des canalisations en mm sur dessin
- surface du puits  $z_0 = 0$ , clapet  $z_0' = -3 \text{ m}$ , pompe  $z_1 = 2 \text{ m}$ , tuyau hauteur max  $z = 20 \text{ m}$ .

1. Énoncer Bernoulli en puissance + Demo
2. Calculer la pression en entrée et en sortie de la pompe.
3. Calculer la puissance utile de la pompe et son rendement. Commenter.

### 127 – Prise du ciment (Gioana1-2022)

Le ciment est modélisé par la seule espèce  $\text{Ca}_3\text{SiO}_5(\text{s})$ . La réaction à l'origine de la « prise » est volontairement simplifiée sous la forme suivante :



On mélange rapidement  $m_1 = 228 \text{ g}$  de ciment et  $m_2 = 90 \text{ g}$  d'eau liquide dans un calorimètre et on place un dispositif de mesure de la température. On mesure une élévation de la température :  $\Delta\theta = 15^\circ\text{C}$ .

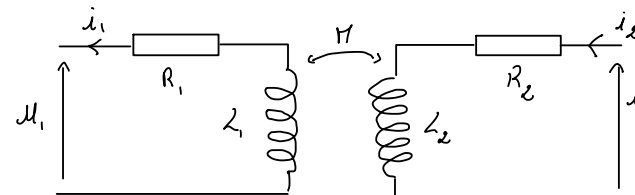
Données :

➤ Masses molaires : Ca :  $40 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  ; Si :  $28 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

Espèce	$\text{Ca}(\text{OH})_2(\text{s})$	$[\text{Ca}_3\text{Si}_2\text{O}_7, 3 \text{H}_2\text{O}]$	$\text{H}_2\text{O}(\text{liq})$
$c_p^\circ (\text{J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1})$	80	340	75

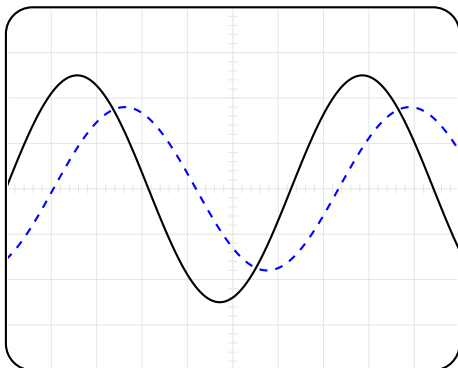
1. En supposant la réaction totale, indiquer quel est le réactif limitant et calculer les quantités de matière en chacune des espèces présentes en fin d'évolution.
2. Le système constitué par le calorimètre et son contenu sont supposés en évolution adiabatique. Estimer la valeur de l'enthalpie standard de réaction  $\Delta_r H^\circ$  associée à l'équation-bilan (1). On négligera la capacité thermique du calorimètre.
3. Trouver le réactif limitant de (1).

### 128 – Détermination d'inductance (Gioana2-2022)



On a le montage ci-dessus, avec deux bobines ( $R_1, L_1$ ) et ( $R_2, L_2$ ), on a également l'inductance mutuelle  $M$  entre les deux bobines. Chaque bobine est respectivement parcourue par un courant  $i_1$  et  $i_2$ ;

1. Déterminer les deux équations différentielles couplées régissant  $i_1$  et  $i_2$  en fonction de  $u_1$  et  $u_2$ .
2. On a maintenant la bobine 1 en « circuit ouvert », expliquer ce que cela signifie? On place en série de  $L_2$  une résistance  $R_a = 10 \text{ k}\Omega$  et un générateur de tension sinusoïdale de fréquence  $f = 500 \text{ Hz}$ . Refaire le schéma, expliquer les modifications sur les équations différentielles.
3. On mesure à l'oscilloscope les tensions aux bornes de  $R_a$  et de la bobine 2 ( $R_2, L_2$ ). On a donc l'affichage suivant. Expliquer les branchements de l'oscilloscope.

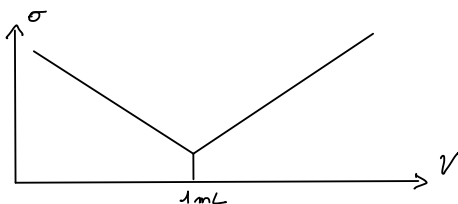


4. Déterminer la valeur de  $L_2$ , sachant que  $R_2 = 10 \Omega$

### 129 – Titrage de la soude (Harbonnier1-2022)

On veut titrer une solution de soude ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{OH}^-$ ) de volume initial  $V_0 = 100 \text{ mL}$  et de concentration  $C_0$ . On la titre par de l'acide chlorhydrique ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ) de concentration  $C_1 = 0,5 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ .

1. Donner l'équation de la réaction de titrage. Justifier qualitativement l'allure de la courbe



Conductivités molaires limites :

Espèce	$\text{H}^+$	$\text{Cl}^-$	$\text{Na}^+$	$\text{HO}^-$
$\lambda^\circ \text{ (mS}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mol}^{-1}\text{)}$	39,6	7,6	5	19,8

2. Calculer  $C_0$ .

3. Si on faisait un suivi pH-métrique quelle allure aurait la courbe? Donner le pH a  $V = 0 \text{ mL}$ ,  $V_{\text{eq}}$  et  $V \rightarrow \infty$ .

### 130 – Électromagnétisme (Harbonnier2-2022)

On a un onde électromagnétique  $\vec{E} = E_0 e^{-\frac{y}{\delta}} e^{j(\omega t - kx)} \vec{e}_z$

1. L'onde est-elle progressive? Plane? Quelle est sa polarisation?

2. Calculer  $\vec{B}$ .

3. L'onde existe dans le vide. Retrouver l'équation de propagation. En déduire une relation entre  $k$ ,  $\omega$  et  $\delta$ .

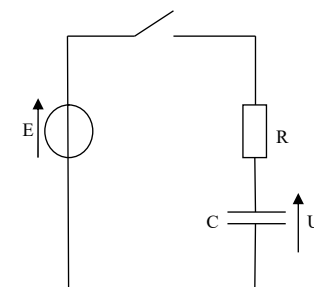
4. Calculer le vecteur de Poynting. L'onde propage-t-elle de l'énergie? Si oui dans quelle direction?

### 131 – Oscilloscope et transitoire (Hathout1-2022)

Idem Forcadell 2016, l'énoncé est moins précis que celui de 2016, peut-être légèrement modifié?

- > À  $t = 0^-$ , l'interrupteur est ouvert. Le condensateur est initialement déchargé.
- > À  $t = 0^+$ , on ferme l'interrupteur.

1. Déterminer  $U_{c,\text{max}}$  et  $\tau$ .

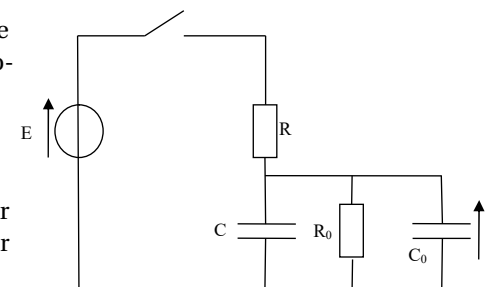


Même conditions initiales, mais on branche un oscilloscope aux bornes de  $R$  que l'on modélise par  $R_0 = 1 \text{ M}\Omega$ ,  $C_0 = 1 \mu\text{F}$ .

2. Déterminer  $U_{\text{max}}$  et  $\tau'$

3. a. Calculer  $\Delta r_u = \left| \frac{U_{c,\text{max}} - U_{\text{max}}}{U_{c,\text{max}}} \right|$ .

b. Quelle condition sur  $R$  pour avoir  $\Delta r_u < 1 \%$ ? Commentaire sur la valeur de  $R$ .



### 132 – Soulèvement d'un toit (Hathout2-2022 idem Forcadell1-2016)

cf forcadell 2016

### 133 – Vitesse de soulèvement d'un toit (Forcadell-2016)

1. Un fluide incompressible de masse volumique  $\rho$  s'écoule en régime permanent dans un tube figure 79 :

Déterminer les 2 relations liant  $P_1, S_1, v_1$  et  $P_2, S_2, v_2$ .

2. De l'air arrive à la vitesse  $v_0$  et rencontre un bâtiment de hauteur  $H$ . Pour  $z > 3H/2$ , on suppose que le bâtiment ne perturbe plus l'écoulement de l'air, cf fig 80. Masse volumique de l'air :  $\mu = 1,29 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$

a. Tracer les lignes de courant

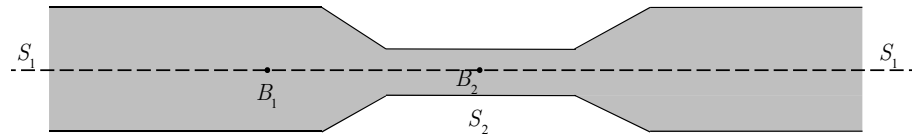


Fig. 3 – Rétrécissement dans un tube

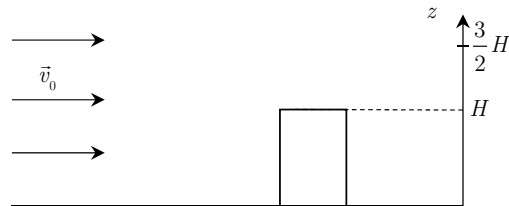
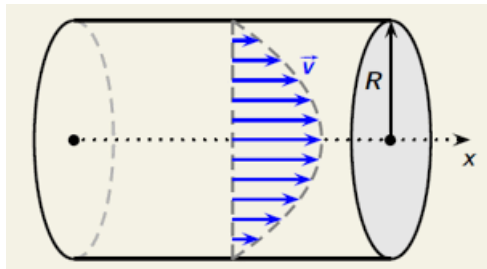


Fig. 4 – Schéma du vent qui arrive sur le toit

- b. Déterminer la valeur de la pression au-dessus du toit pour  $v_0 = 30 \text{ m/s}$  On modélise maintenant un toit posé sur les murs porteurs du bâtiment de surface  $S = 100 \text{ m}^2$  et masse  $M = 1000 \text{ tonnes}$ .
- c. Déterminer la condition sur  $v_0$  de soulèvement du toit.  
 Bonus : Conditions application théorème Bernoulli

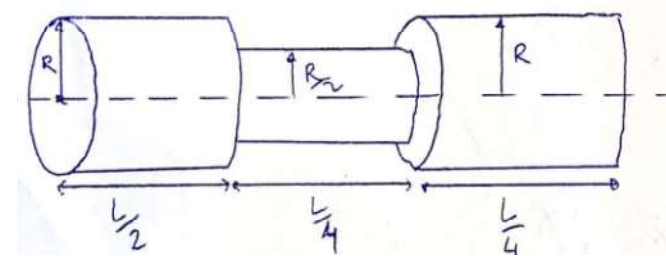
### 134 – Artère et résistance hydraulique (Lacan1-2022)

On a un écoulement de sang (de viscosité  $\eta$ ) dans une veine. Le sang est incompressible, l'écoulement est laminaire et en régime permanent.



On donne  $\vec{v}(r) = \frac{\Delta P}{4\eta L} (R^2 - r^2) \vec{u}_x$ , ou  $L$  est la longueur de l'artère.

1. Le fluide est-il parfait?
2. Calculer  $Q_v$ , le débit volumique?
3. Expliquer et exprimer la résistance hydraulique dans l'artère?



4. Calculer la résistance de chaque partie puis la résistance totale?
5. En déduire  $\Delta P$  pour ce cas-là et le cas normal? commenter

### 135 – Electrostatique (Lacan2-2022)

Données / pré-énoncé :

- > Explication du phénomène quand on charge une barre avec un tissu.
- > Champ disruptif de l'air :  $E = 36 \cdot 10^6 \text{ V/m}$
- >  $\epsilon_0$
- > Cylindre de rayon  $R$  chargé en surface ( $\sigma$ )

1. Calculer le champ  $\vec{E}$  à l'extérieur d'un cylindre
2. En déduire, la charge surfacique maximale

3. Que se passe t'il si on dépasse cette charge maximale?

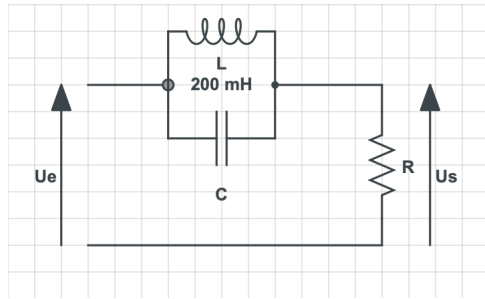
Question en plus : donner un phénomène du même type (dépassement de charge) à une plus grande échelle?

Et j'ai été assez surpris d'avoir un exo supplémentaire dans les 5 derniers minutes : exercice 2 de ROGIER Clément

### 136 – Filtrage (Le Meur1-2022)

On souhaite réaliser le filtrage d'un signal obtenu à partir du réseau EDF 50 Hz. En effet, nos appareils fonctionnent sur une plage de fréquence  $[0; 20 \text{ kHz}]$  et la fréquence de 50 Hz apporte un certain bruit sur les signaux.

On considère le filtre suivant :



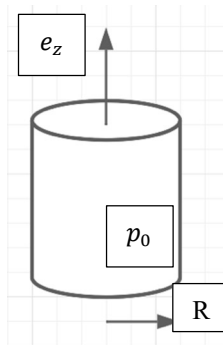
1. Montrer que ce filtre n'est ni un passe-bas, ni un passe-haut, ni un passe-bande avec une étude qualitative.
2. Trouver la fonction transfert du filtre et la calculer à la pulsation  $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ .
3. Ce filtre répond-il à nos attentes? Déterminer une valeur de  $C$  pour que celui-ci corresponde à notre problème.
4. Quelle valeur de résistance est-elle la plus adaptée :  $5 \Omega$  ou  $5 \text{ k}\Omega$ ?

### 137 – Champs statiques (Le Meur2-2022)

On éclaire une plaque métallique avec une source lumineuse et on remarque que des électrons sont arrachés. On remarque aussi que la vitesse des électrons dépend de la longueur d'onde de la source et que leur nombre est fonction de son intensité.

1. Justifier le phénomène observé

Après avoir arraché les électrons, une colonne de charges de rayon  $R$  de densité  $\rho_0$  est créée. Les électrons ont une vitesse  $\vec{v}_0$  et on note  $\vec{j} = \rho_0 v_0 \vec{e}_z$  le vecteur densité de courant. On considère donc le système suivant :



2. Calculer le champ magnétique  $\vec{B}$  créé à l'intérieur de cette colonne avec le théorème d'Ampère.

3. Calculer le champ électrostatique  $\vec{E}$  créé à l'intérieur de cette colonne avec le théorème de Gauss.
4. Pour maintenir la colonne à l'équilibre, on doit la soumettre un nouveau champ électromagnétique. Justifier ce dernier phénomène.

### 138 – Plan chargé variable (Lemaire1-2022)

Soit le plan  $z = 0$  chargé avec  $\sigma(x, y)$ .

1. Si  $\sigma(x, y) = \sigma_0$ , constant :
  - a. Déterminer  $\vec{E}$  et le potentiel  $V$  dans tout l'espace. On fixe  $V(z = 0) = 0$ .
  - b. Représenter  $V$ .
2. Si  $\sigma(x, y) = \sigma_0 \cos(2\pi \frac{x}{a}) \cos(2\pi \frac{y}{b})$ . Retrouver l'équation différentielle vérifiée par  $V$ .
3. Justifiez que l'on écrit  $v = f(z) \cos(2\pi \frac{x}{a}) \cos(2\pi \frac{y}{b})$ . Déterminez  $f(z)$  l'expression de  $V$ .
4. Questions suivantes non regardées!

### 139 – Oxyde d'aluminium (Lemaire2-2022)

L'oxyde d'aluminium (III) est produit par réaction de l'aluminium avec l'air et protège l'aluminium

1. Quelle est la molécule de l'oxyde d'aluminium (III)? Écrire l'équation de formation.
2. Dans une solution acide, on plonge une électrode d'aluminium et une autre inerte chimiquement. On applique un courant  $j = 1 \text{ A}\cdot\text{dm}^{-2}$  ayant pour but de former l'oxyde d'aluminium en phase gazeuse.
  - a. Dessiner l'expérience et donner les équations aux électrodes.
  - b. Déterminer l'épaisseur de la couche d'oxyde (III) pour 10 min d'expérience.
  - c. Pour une expérience de 30 minutes, l'épaisseur est de  $6 \mu\text{m}$ , commentez.

Données :  $\rho_{\text{Al}_2\text{O}_3} = 3,97 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ,  $M_{\text{Al}_2\text{O}_3} = 101,96 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

### 140 – Plancher chauffant (Martins1-2022)

Un plancher chauffant est un système de chauffage des bâtiments par le sol dans lequel l'énergie de chauffage est transmise au plancher via un réseau hydraulique circulant sous le plancher (des systèmes de chauffage électrique existent également). Dans les constructions modernes, bien isolées, la température de l'eau peut être relativement basse, entre  $21$  et  $24 \text{ }^\circ\text{C}$ , ce qui rend le plancher chauffant particulièrement adapté aux chauffages écologiques de nouvelle génération comme la géothermie et le chauffage solaire. Cet exercice a pour but d'étudier l'installation schématisée figure 5, destinée à chauffer une salle de vie de  $40 \text{ m}^2$  au sol.

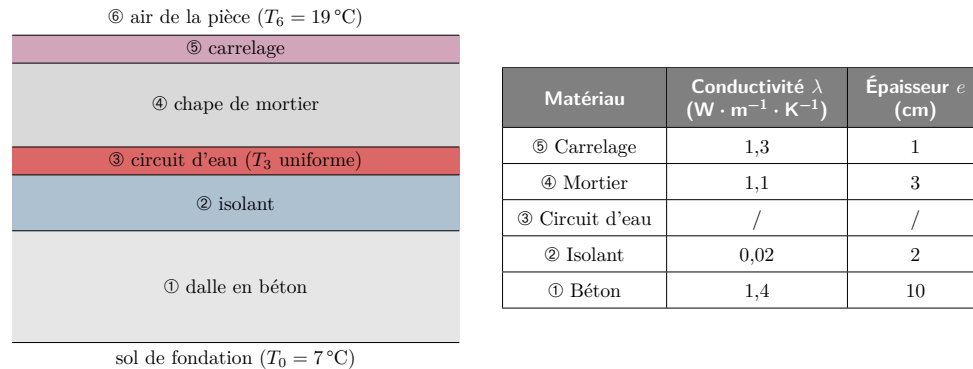


Fig. 5 – Description du plancher chauffant

Pour simplifier, le réseau hydraulique est modélisé par une couche de température uniforme.

On suppose un contact thermique parfait entre les différents matériaux de la construction. En revanche, les transferts thermiques entre le carrelage et l'air de la pièce sont décrits par la loi de Newton :  $P = h\Delta T$ , avec  $h = 10 \text{ W} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ .

La puissance du chauffage lors du fonctionnement est de 1 kW.

- Rappeler la formule de la résistance thermique en fonction de  $e$ ,  $\lambda$  et  $S$ .
  - Rappeler la formule de la résistance thermique pour une interface solide/gaz.
- Faire un schéma par analogie électrique.
- Le système de chauffage est réalisé par un circuit d'eau chaude. Quelle doit être la température de l'eau pour avoir une température de 19 °C dans la maison si on suppose l'isolant parfait?
- L'isolant n'est pas parfait. Définir et calculer le rendement.
- Pour chauffer la maison, mieux vaut utiliser du carrelage ou du parquet sachant que  $\lambda_{\text{parquet}} = 0,2 \text{ W} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$ ?

### 141 – Electromagnétisme (Martins2-2022)

On considère  $\vec{B} = B_0 \cos\left(\frac{2\pi x}{a}\right) \cos(\omega t + kz) \vec{u}_y$

- Calculer  $\vec{E}$ .
- Calculer la valeur moyenne du vecteur de Poynting.
- Calculer la puissance moyenne  $P$  à travers une surface  $S$ .

### 142 – Etude thermochimique d'une réaction (Miguell-2022)

L'aluminium est très souvent utilisé pour ses pouvoirs antioxydants. On étudie alors la réaction suivante :  $\alpha \text{Al} + \text{O}_2 = \beta \text{Al}_2\text{O}_3$  où l'aluminium et l'alumine ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) sont sous forme

solide tandis que le dioxygène est sous forme gazeuse. On donne l'enthalpie libre standard de cette réaction :  $\Delta_r G^\circ = -1173.10^3 + 209 \times T$  où l'enthalpie libre standard de réaction est en J/mol et la température en K. On prendra  $R = 8,31 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

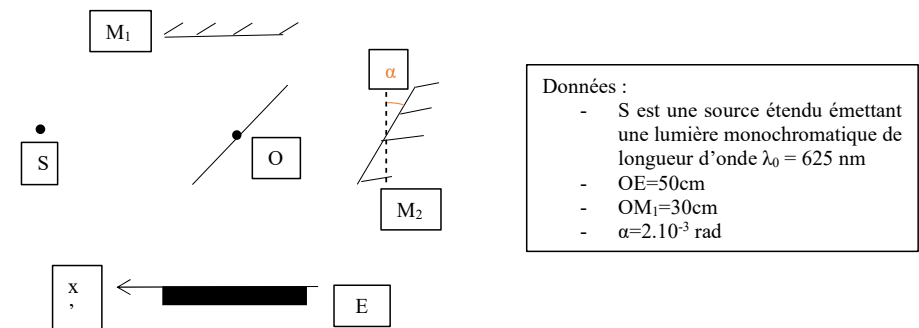
- Trouver  $\alpha$  et  $\beta$ . La réaction est-elle exothermique ou endothermique?

Nous insérons dans une enceinte fermée, de volume  $V = 20 \text{ L}$ ,  $n = 0,1 \text{ mol}$  d'aluminium avec quelques traces d'alumine et  $n = 0,1 \text{ mol}$  de dioxygène à la température de 45 °C maintenue constante.

- Calculer  $\Delta_r G^\circ$ . Que pouvez vous en conclure? Déterminer l'état final du système à l'équilibre thermodynamique. Conclusions?

### 143 – Interféromètre de Michelson en coin d'air (Miguell2-2022)

Nous considérons le dispositif suivant :



- Expliquer pourquoi nous pouvons observer des franges rectilignes sombres et claires. Quel est la valeur numérique de l'interfrange?
- Nous voulons à présent une interfrange de 1,3 mm. Comment modifier le système précédent?
- La barre CDD E, d'une longueur  $L = 10 \text{ cm}$  est munie de  $N$  capteurs positionner aux positions d'indice  $k$ , notées  $x_k$ , tels que l'éclairement reçue par le capteur à la position d'indice  $k$  soit notée  $E_{cl}(x_k)$ . La tension fournie par le capteur CDD, notée  $U_{CDD}(t_k) = K_0 E_{cl}(x_k = v_0 t_k)$ , doit permettre d'analyser le spectre d'une source étendue émettant une lumière visible. Quel nombre de capteurs doit posséder la barre?

### 144 – Trous d'Young (Moreau1-2022)

- Deux ondes cohérentes d'intensités différentes arrivent au point  $M$  avec un déphasage de  $\phi$ . Établir la formule de Fresnel.

2. On considère un dispositif de trous d'young suivi d'une lentille de projection avec l'écran placé dans le plan focal de la lentille, calculer l'interfrange.

### 145 – Émission de proton (Moreau2-2022)

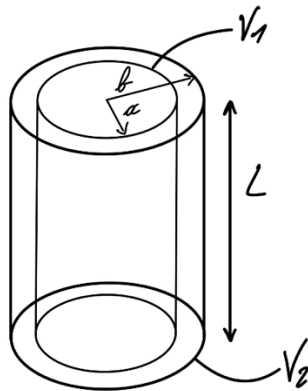
Soit un noyau de rayon  $a_0$  avec  $N \gg 1$  protons en surface (le noyau est vide!!). Un proton est libéré sans vitesse initiale.

- Donner l'expression de  $v_g$  la vitesse d'éjection du proton à l'infini.
- Calcul pour l'uranium 235 avec les ordres de grandeur donnés par l'examinateur pendant l'oral :
  - $N = 92$
  - $q = 10^{-19}$  C
  - $m = 10^{-27}$  kg
  - $a_0 = 10^{-15}$  m
  - $\epsilon_0 = 10^{-12}$  F·m<sup>-1</sup>
3. Dans une centrale nucléaire la vitesse vaut : 50 000 km/s. Commenter.
4. Calculer le temps auquel elle est atteinte en fonction de  $I = \int_0^\alpha \frac{dx}{(1-x^2)^2}$ .

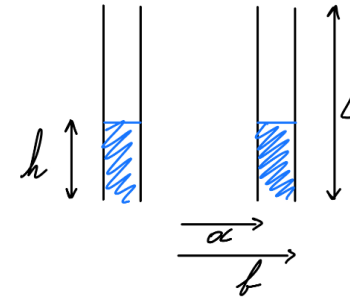
### 146 – Condensateur cylindrique (Mulder1-2022)

On considère un condensateur cylindrique, de longueur  $L$ , de rayon intérieur  $a$  et de rayon extérieur  $b$  ( $b > a$ ). L'armature intérieure est portée au potentiel  $V_1$  et possède une charge  $Q_1$ . L'armature extérieure est portée au potentiel  $V_2$  et possède une charge  $-Q_1$ .

On néglige les effets de bords et on note  $\epsilon_0$  la permittivité diélectrique du vide (le condensateur est constitué de vide entre les armatures).



- Justifier que l'expression du champ électrostatique est de la forme  $\vec{E} = E(r) \vec{e}_r$ . Calculer  $E(r)$ .
- Donner la définition de  $C_0$ , la capacité du condensateur en fonction de  $Q$ ,  $V_1$  et  $V_2$ , puis calculer  $C_0$  en fonction de  $a$ ,  $b$ , et  $L$ .

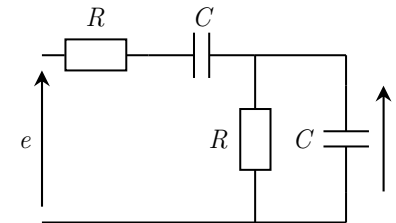


- L'intérieur du condensateur est rempli d'eau sur une hauteur  $h$  ( $h < L$ ). On note  $\epsilon_r$ , la permittivité relative de l'eau (sans unité). Montrer que  $C = C_0(A \cdot h + B)$ .
- Question de l'examinateur : Pour quelle autre système pourrait-on utiliser ce principe? Quelles autres solutions pourraient être utilisées pour mesurer un niveau de fluide?

### 147 – Thermochimie (Mulder2-2022)

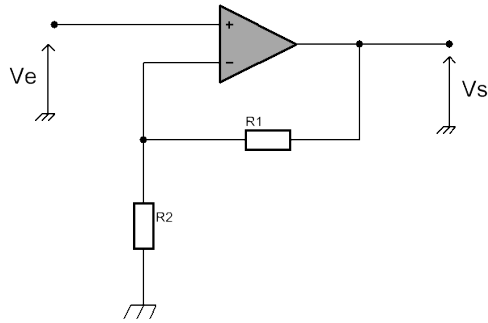
Loi de Hess, Van't Hoff, Le chatelier, calcul de  $K^\circ$  ... que du classique

### 148 – Oscillateur à Pont de Wien (Muller1-2022)

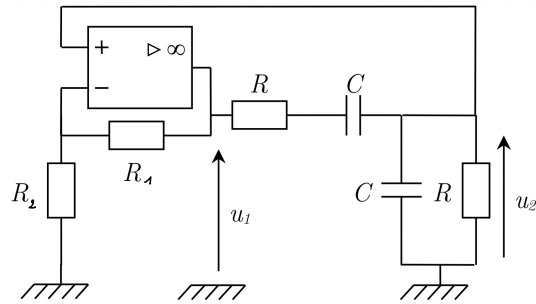


La fonction de transfert du circuit passif vaut  $\frac{s}{e} = \frac{\frac{1}{3}}{1 + \frac{1}{3}(RC\omega - \frac{1}{RC\omega})}$ .

- On envoie un signal sinusoïdale. Pour  $f = 1,6$  kHz, On a l'amplitude de sortie 3 fois inférieure à l'amplitude d'entrée et même phase pour l'entrée et la sortie. Conclure.



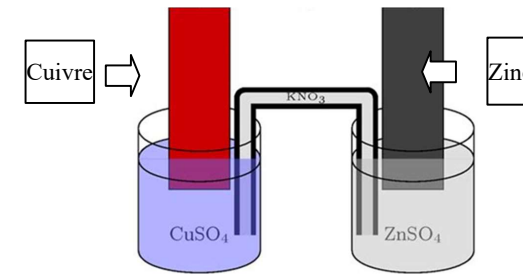
2. Trouver le gain  $G_0$  en fonctionnement linéaire. Quelle condition sur  $V_e$  pour que l'on ait un fonctionnement linéaire.



3. On associe les 2 montages et on a  $R_1$  variable.
- Montrer que la sortie de l'ALI notée  $u_2$  vérifie  $\frac{d^2 u_2}{dt^2} + \alpha \omega_0 \frac{du_2}{dt} + \omega_0^2 u_2 = \omega_0 \frac{du_1}{dt}$  et définir  $\alpha$ .
  - Donner une équation différentielle de  $u_2(t)$  pour un ALI en fonctionnement linéaire et un ALI qui ne serait pas en fonctionnement linéaire.
  - Donner ensuite  $G_0$  pour avoir des oscillations harmoniques. Que se passe-t-il si  $G_0 > \alpha$ ?

**149 – Pile Daniell (Muller2-2022)**

On a la pile Daniel suivante : (Pas préciser que c'était du  $KNO_3$  dans le pont salin) Il n'y a pas de générateur ou de résistance entre les 2 pour l'instant



Données :

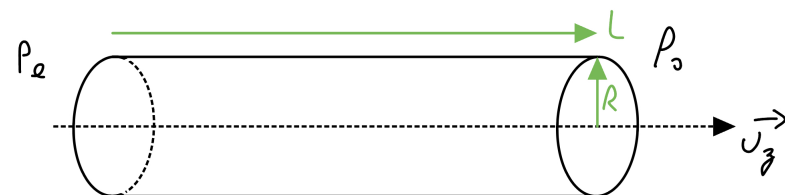
- > Surtension sur  $\eta_c(H_2O/H_2 \text{ sur Zn}) = -0,8 \text{ V}$
- > Cu et Zn sont des couples rapides.
- >  $E^\circ(Cu^{2+}/Cu) = 0,34 \text{ V}$
- >  $E^\circ(Zn^{2+}/Zn) = -0,76 \text{ V}$
- >  $pH = 0$ .

Potentiel standard ( $Zn^{2+}/Zn$ ) et ( $Cu^{2+}/Cu$ )

- Que vaut la fem
- On branche une résistance  $R$  : Donner les réactions aux 2 bornes et la réaction globale
- Donner la puissance de la pile sachant que la tension reste égale à la fem pour  $R = 100 \Omega$  et  $R = 1000 \Omega$ . Comparer. Dire si l'hypothèse faite précédemment est viable?
- Peut-on recharger la pile Daniell?

**150 – Écoulement dans une veine (Pariolleau1-2022-Pinet)**

On a un écoulement de sang (de viscosité  $\eta$ ) dans une veine. Le sang est incompressible, l'écoulement est laminaire et en régime permanent.



On donne  $\vec{v}(r) = \frac{P_e - P_s}{4\eta L} (R^2 - r^2) \vec{u}_z$

- Définir les 3 termes.

2. Décrire la vitesse sur l'axe et les parois. Tracer son allure et donner numériquement la vitesse moyenne.

3. Exprimer le débit volumique en fonction de  $\Delta P = P_e - P_s$ ,  $R$ ,  $L$ ,  $\eta$ .

Données :

- $Q = 0,2$  mL/battement
- $f = 70$  battements par minute
- $R = 1$  mm

### **151 – Diffusion thermique dans une bille (Pariolleau2-2022-Pinet)**

Dans la série La Casa del Papel, les voleurs décident de faire fondre l'or pour le mettre sous forme de billes. On chauffe l'or à  $T_0 = 600$  °C, puis on le plonge (sous forme de bille) dans de l'eau maintenue à  $T_{\text{fluide}} = 40$  °C.

1. L'or (symbole Au) cristallise en cubique face centrée. Représenter la maille et calculer la masse volumique de l'or.
2. Établir l'équation de diffusion de dans une bille d'or. Ces dernières sont soumises à de la convection.
3. Donner le temps caractéristique de la diffusion.
4. La température dans la bille est uniforme. Donner le temps  $\Delta t$  pour que la bille atteigne sa température finale  $T_{\text{finale}} = 100$  °C.

Données :

- Le flux de convection reçu par la bille par le fluide se note  $\Phi = hS(T_{\text{fluide}} - T_{\text{solide}})$  avec  $h = 300$   $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$
- $c_p = 0,2$   $kJ \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$
- Valeur  $\lambda = 317$   $W \cdot m^{-1} \cdot K$
- $r_{Au} = 144$  pm
- $M_{Au} = 197$   $g \cdot mol^{-1}$
- $\mathcal{N}_a = 6,02 \cdot 10^{23}$   $mol^{-1}$
- Rayon des billes  $R = 5$  mm

### **152 – Condensateur cylindrique (Pelissier1-2022)**

Deux cylindres de hauteur  $h$ , de diamètres  $R_1$  et  $R_2$  de même axe, chargés en  $+Q$  et  $-Q$  ( $R_1 < R_2$ ). On néglige les effets de bord.

1. Trouver la charge surfacique équivalente  $\sigma_1$ .
2. Exprimer le champ  $\vec{E}$  puis  $V$ .
3. Trouver la capacité équivalente du condensateur  $C$ .
4. Sachant que  $R_2 = R_1 + \varepsilon$ , exprimer  $C$  plus simplement.

5. Question bonus : quelle est la limite physique pour les condensateur (il fallait répondre la taille d'une molécule isolante entre les deux plaques)

### **153 – Balle rebondissante (Pelissier2-2022)**

On considère donc une balle rebondissante de masse  $m$ , lâchée sans vitesse initiale depuis une hauteur  $h_0$ . On néglige tout frottement. On note  $g$  le champ de pesanteur uniforme. On lâche la balle à  $t = 0$ , et on note  $t_0$  l'instant du premier impact avec le sol, et  $v_0$  la vitesse juste avant l'impact.

On choisit un axe  $z$  vertical, avec une orientation et une origine laissée au choix.

1. Calculer la vitesse  $v_0$ .

*NB : La suite est inexploitable... Il semblerait que l'examinateur lui fasse modéliser le rebond par un système masse-ressort avec une force de frottement  $-\lambda \vec{v}$ . Puis résoudre. Donc résolution à savoir faire!*

*J'imagine donc une suite!*

Une fois au sol, la balle rebondit. Le rebond n'étant pas parfaitement élastique, la balle perd une partie de son énergie cinétique. Notons  $E_{cn}$  l'énergie cinétique juste avant l'impact numéro  $n$  et  $E'_{cn}$  celle juste après cet impact. Ces deux énergies ne sont pas égales, car une partie de l'énergie est perdue lors du rebond. On a donc :

$$E'_{cn} = \alpha E_{cn}, \text{ avec } \alpha < 1 \text{ le coefficient de restitution.}$$

2. Montrer par un raisonnement énergétique que juste avant le tout premier impact ( $n = 0$ ),  $E_{c0} = mgh_0$ , puis que la hauteur maximale atteinte par la balle après ce premier rebond est  $h_1 = \alpha h_0$ .
3. En déduire l'expression de la hauteur maximale  $h_n$  atteinte après l'impact numéro  $n$  en fonction de  $h_0$  et de  $n$ .

On s'intéresse ensuite à la durée  $t_n$  qui s'écoule entre l'impact  $n$  et l'impact suivant. Il s'agit de la durée mise pour monter à la hauteur  $h_n$  et redescendre au sol, qui donc vaut deux fois la durée mise pour aller de  $h_n$  au sol.

4. Montrer que  $t_n = 2\alpha^{n/2} t_0$ .

### **154 – Cours thermochimie (Peyrichou1-2022)**

1. Montrer que  $G$  est utile pour les transformation isobare, isotherme spontanées.
2. Exprimer le potentiel chimique en fonction de son activité et exprimer  $G$  en fonction de son potentiel chimique.

### **155 – OEM (Peyrichou2-2022)**

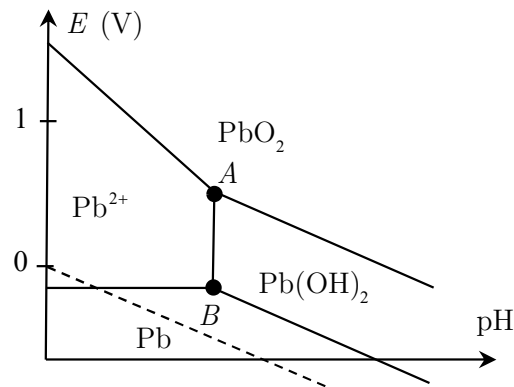
On considère l'onde  $\vec{E} = E_0 e^{i(\omega t - kx)} \sin(\beta y) \vec{e}_z$

1. La région est vide de charge, est-ce cohérent? Déterminer la relation de dispersion.

2. Montrer que l'on peut décomposer le champ en 2 OPPH de direction  $\theta$  par rapport à  $x$ .
3. Calculer la vitesse de phase des ondes précédentes.
4. Calculer la vitesse de phase globale que l'on exprimera en fonction de  $\beta$  puis en fonction de  $\cos(\theta)$ .

### 156 – E-pH du Plomb (Poudret1-2022)

On donne le diagramme potentiel pH du plomb tracé pour une concentration atomique en élément plomb de  $C_0 = 0,1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ . (voir schéma ci-dessous).



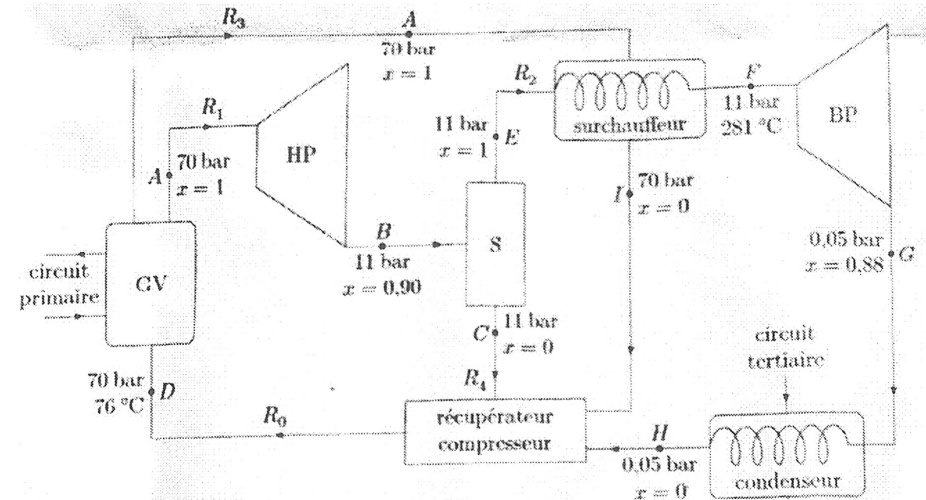
On donne :

- $E^\circ(\text{Pb}^{2+} / \text{Pb}_{(\text{sol})}) = E_1^\circ = -0,13 \text{ V}$
- $E^\circ(\text{PbO}_{2(\text{sol})} / \text{Pb}^{2+}) = E_2^\circ = 1,46 \text{ V}$
- $\text{Pb}(\text{OH})_{2(\text{sol})} = \text{Pb}^{2+} + 2\text{HO}^- \quad \text{p}K_s = 16,1$
- $2\text{H}_2\text{O} = \text{H}_3\text{O}^+ + \text{HO}^- \quad \text{p}K_e = 14$

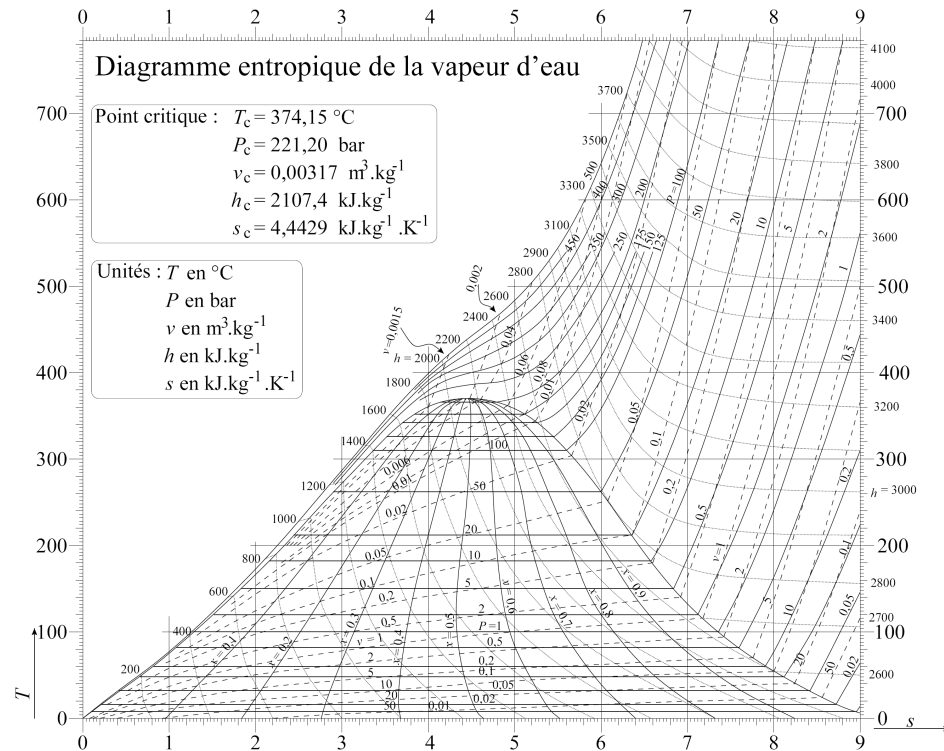
1. Donner les coordonnées des points A et B.
2. On a tracé en pontillé la frontière correspondant au couple  $\text{H}_3\text{O}^+ / \text{H}_2$ . Que peut-on dire de l'action de  $\text{H}_3\text{O}^+$  sur le plomb ?

### 157 – Circuit secondaire centrale nucléaire (Poudret2-2022)

Le circuit secondaire d'une centrale nucléaire utilise la chaleur du circuit primaire pour faire fonctionner les turbines (HP) et (BP) qui font tourner le générateur qui crée l'électricité. De l'eau liquide avec un débit massique  $R_0$  (état D) pénètre dans le générateur de vapeur (GV) et ressort sous forme de vapeur saturante (état A). L'écoulement peut se séparer en plusieurs branches comme l'indique le schéma ci-dessous sur lequel sont indiqués les informations caractérisant les différents états du fluide ( $x$  représente la fraction massique en vapeur du débit). Le séparateur sépare le fluide entrant à l'état B en deux phases saturantes.



1. Placer les points de A à G sur le diagramme  $(T, s)$  fourni en annexe (on recopiera l'allure au tableau).
2. Montrer qu'au niveau d'un élément de l'installation, en régime stationnaire, la somme des débits massiques entrants est égale à la somme des débits massiques sortants. Trouver un maximum de relations entre les différents débits massiques.
3. Le surchauffeur est un échangeur globalement calorifugé, en déduire une relation entre les débits  $R_2$  et  $R_3$  ainsi que les enthalpies massiques des états d'entrée et de sortie.
4. Définir la notion de rendement. Comment exprimer le rendement de l'installation ci-dessus ? Aucune valeur n'est demandée.



**158 – Vitrage (Puybureau1-2022)**

Vitre d'épaisseur  $e = 5\text{ mm}$ , hauteur  $h = 1,5\text{ m}$ , longueur  $L = 1\text{ m}$ . On donne la conductivité thermique du verre  $\lambda_C = 1,4\text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ .

1. Expliquer pourquoi le flux est en une dimension et le représenter sur un schéma du dispositif.
2. Exprimer la résistance thermique du verre et faire l'application numérique. l'AN n'était pas demandée sur l'énoncé mais il me l'a faite faire en live
3. On introduit  $h_i = 10$  et  $h_e = 20$  les coefficients de Loi de Newton, calculer le flux à travers la vitre sachant que la température intérieure vaut  $T_i = 20\text{ °C}$  et la température extérieure  $T_e = 5\text{ °C}$ .
4. On utilisé deux vitres identiques séparées par de l'air de conductivité thermique  $\lambda_{\text{air}} = 0,025\text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ . Calculer le flux à travers la vitre et commenter.

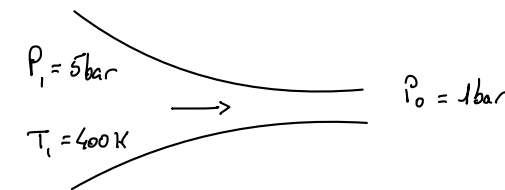
**159 – Vidange d'une cuve de méthane (Puybureau2-2022)**

On a une cuve de volume  $V = 100\text{ L}$  remplie de méthane gazeux. On veut la purger avec du diazote.  $P = 1\text{ bar}$ ,  $T = 25\text{ °C}$ ,  $D_v = 10\text{ L}/\text{min}$ .

1. Expliquer pourquoi le nombre total de moles gazeuses dans la cuve  $n_{\text{tot}} = \text{cte}$ , faire l'application numérique.
2. Calculer le débit molaire, a-t-on conservation de la masse?
3. A l'aide d'un bilan de matière, déterminer l'équation différentiel qui régit la quantité de méthane  $n(t)$ .
4. Combien de temps pour purger la cuve à 95 % ?  
Il m'a demandé pourquoi on purgeait la cuve avec du diazote et pas de l'air.

**160 – Tuyère d'avion (Puyvelo1-Ross-2022)**

1. On considère une transformation adiabatique réversible d'un GP, Établir loi de Laplace.
2. On considère la transformation adiabatique réversible dans une tuyère avec une vitesse d'entrée négligeable. Vitesse en sortie de la tuyère?

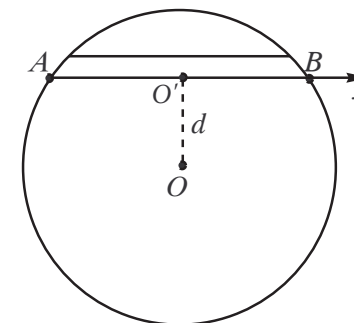


3. Pourquoi observe-t-on une traînée blanche en sortie des réacteurs d'avion?

**161 – Tunnel terrestre (Puyvelo2-Ross-2022)**

1. Analogie électrostatique et champ gravitationnel

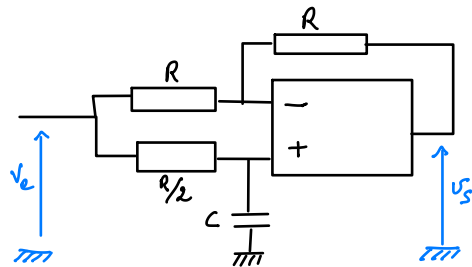
On creuse un tunnel dans la Terre d'un point A vers un point B, de longueur  $L$ , de direction nommée  $\vec{u}_x$ .



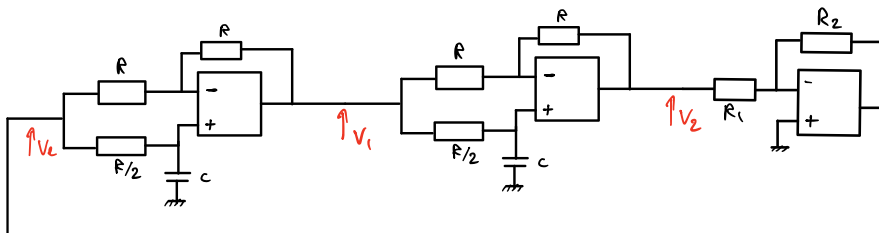
2. Quel est le champ gravitationnel dans le tunnel ( les effets du tunnel seront négligés )
3. On fait le vide dans le tunnel. On lâche une masse de 1 t en A sans vitesse initiale, quel mouvement? Quel temps caractéristique?
4. Le tunnel est rempli d'air et la masse subit une force de frottements  $-\lambda \vec{v}$ . Calculer sa vitesse et son point d'équilibre.

**162 – Oscillateur (Ratabouc1-2022)**

On considère le circuit suivant avec  $R = 1 \text{ k}\Omega$  et  $C = 50 \text{ nF}$ .



1. Calculer la fonction de transfert. Tracer le diagramme de Bode.
2. Quelle est la condition pour obtenir des oscillations avec le circuit suivant et quelle sera leur fréquence?

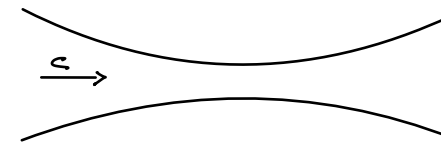


**163 – Tuyère (Ratabouc2 (2022))**

Le dernier organe d'un moteur de fusée est constitué par une tuyère à parois adiabatiques et indéformables.

La tuyère est parcourue par le flux des gaz de combustion obtenus dans la chambre de combustion située en amont de la tuyère.

Le régime d'écoulement des gaz est permanent, isentropique et monodimensionnel. La pression  $P$ , la masse volumique  $\rho$ , la température  $T$  et la vitesse d'écoulement  $c$  du fluide sont uniformes et indépendantes du temps dans une section droite circulaire quelconque d'aire  $S$ .



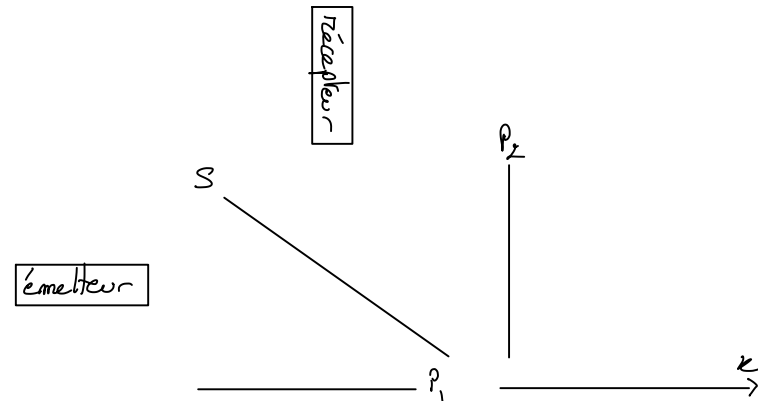
Le profil géométrique de la tuyère comprend entre la section d'entrée et la section de sortie :

- > Une partie de section décroissante ou convergent;
- > Le col correspondant à la section d'aire minimale;
- > Une partie de section croissante ou divergent.

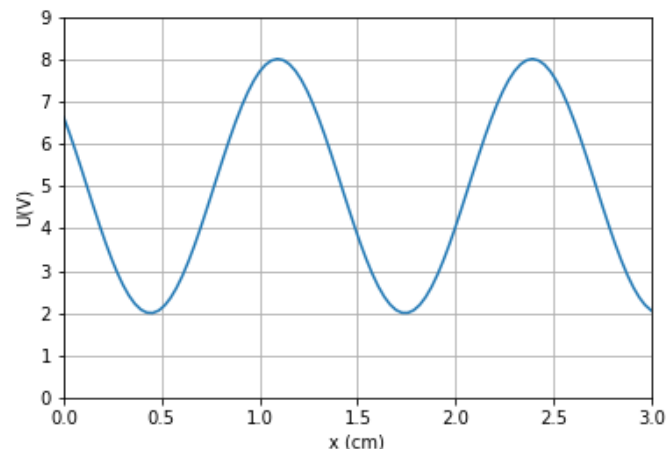
L'air est un gaz parfait diatomique.

1. Donner l'expression de la vitesse de sortie en fonction de la vitesse d'entrée et des températures d'entrée et sortie.
2. Donner une équation différentielle liant  $c$  et  $T$  dans la tuyère.
3. Identifier deux invariants de l'écoulement pour en déduire deux différentielles.
4. On rappelle que la vitesse du son dans l'air vaut  $v = \sqrt{\gamma r T}$ . Montrer avec les résultats qui précèdent que  $\frac{dS}{S} = \frac{dc}{c} (M^2 - 1)$ , ou  $M = \frac{c}{v}$  est appelé nombre Mach.
5. En déduire que, lorsque la vitesse croît dans la tuyère, le régime d'écoulement est subsonique dans le convergent, sonique au col et supersonique dans le divergent.

**164 – lame d'air (Scheiff1-2022)**



Soit le montage précédent constitué d'un émetteur qui génère une OPPH qui se propage au départ selon  $+\vec{e}_x$ , de  $P_1$  et  $P_2$  des plaques en métal supposé parfait et  $S$  un plaque en bois qui sépare l'onde en 2. On déplace  $P_2$  selon  $Ox$  et on observe la variation de  $U = kI$  avec  $I$  l'intensité dont on rappelle la formule  $I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos(\frac{2\pi}{\lambda} \delta)$ .



1. On a  $I = \|\langle \vec{\Pi} \rangle\|$  avec  $\vec{\Pi}$  le vecteur de pointing. Montrer que  $I = 1/2c\epsilon_0 E_0^2$ .
2. Quelle est l'utilité de  $S$ ,  $P_1$ ,  $P_2$  et à quoi ça vous fait penser?
3. Déterminer  $\lambda$  et calculer  $f$ . Est-ce cohérent avec la valeur donnée par le constructeur  $f = 11 \pm 1$  GHz.
4. Calculer le contraste. Qu'en déduisez-vous??

### 165 – Graviation (Scheiff2-2022)

Un point matériel  $M$  de masse  $m$  est soumis à une force centrale  $\vec{F} = F(r)\vec{u}_r$ , dont son énergie potentielle s'écrit  $E_p(r) = -k/r$  avec  $k > 0$ .

1. Calculer  $F(r)$ .
2. Démontrer que  $C = r^2\dot{\theta}$ . À quelle loi de Kepler est-ce lié?
3. Montrer que  $E_m = 1/2kR^2 + E_{\text{peff}}(r)$  et donner l'expression de  $E_{\text{peff}}(r)$  en fonction de  $r$  et  $C$ .
4. La trajectoire est désormais circulaire, déterminer son rayon en fonction de  $m$ ,  $C$  et  $k$ .
5. Que se passe-t-il si  $E_m > E_{\text{peff}}(r)$ ?

### 166 – Etoile double (Rogier1-2022)

On considère un dispositif de fentes d'Young écartées de  $a$  et éclairé par une source cohérente. On place en sortie une lentille convergente et un écran ayant pour axe vertical ( $Ox$ ) placé dans le plan focal objet de la lentille.

1. Faire un schéma du dispositif et calculer rigoureusement la différence de marche.

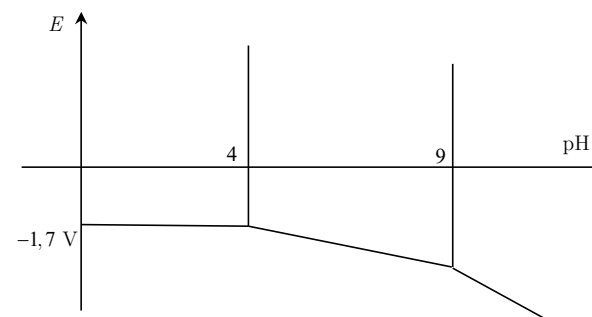
2. Démontrer la formule donnant l'éclairement.

On considère maintenant une étoile double d'écart angulaire  $\theta$  telle que la première étoile est sur l'axe optique. On considèrera que notre dispositif ne traite qu'une longueur d'onde.

3. Déterminer l'éclairement sur l'écran.
4. En déduire un protocole expérimental pour mesurer  $\theta$ .

### 167 – E-pH Al (Rogier2-2022)

On s'intéresse à l'aluminium de numéro atomique  $Z = 13$  ainsi qu'à son diagramme potentiel-pH associé tenant compte des espèces  $\text{Al}$ ,  $\text{AlO}_2^-$ ,  $\text{Al}^{3+}$  et  $\text{Al}(\text{OH})_3(\text{s})$  pour une concentration de trace  $C_{\text{tra}} = 1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ .



1. Déterminer la configuration électronique de l'aluminium. Quel ion formera t-il?
2. Placer les différentes espèces sur le diagramme  $E - pH$  et calculer le produit de solubilité de  $\text{Al}(\text{OH})_3(\text{s})$ .
3. Que se passe t-il si l'on plonge une pièce d'aluminium dans de l'eau? Commenter en fonction de la valeur du  $pH$ .  
*Rq. En particulier, l'examineur voulait que j'attribue les domaines de passivation, de corrosion et d'immunité.*

Lorsqu'une bille est exposée à l'air, il y a formation d'alumine  $\text{Al}_2\text{O}_3$  à sa surface qui crée une couche protectrice. On veut réaliser la protection d'une bille d'aluminium par électrolyse en formant de l'alumine à sa surface avec un courant de 2 A.

4. Déterminer la durée nécessaire pour former une couche d'alumine d'épaisseur  $e = 23 \mu\text{m}$  à la surface de la bille de diamètre  $d = 3 \text{ cm}$ .

**Données :**  $\rho_{\text{Al}_2\text{O}_3} = 3.95 \text{ g.cm}^{-3}$ ,  $M_{\text{Al}_2\text{O}_3} = 101.96 \text{ g/mol}$  et  $\mathcal{F} = 96485 \text{ C.mol}^{-1}$ .

### 168 – Protection cathodique (Séjourné1-2022)

On dispose de deux demi-piles, l'une de Zn baignant dans du  $\text{Zn}^{2+}$  en solution et l'une de Fe baignant dans du  $\text{Fe}^{2+}$ . Les demi-piles sont reliées par un pont salin et sont branchées

sur un circuit quelconque.

1. faire un schéma de la pile en donnant le nom des électrodes, le sens des électrons et du courant, les réactions ayant lieu aux électrodes, la tension dans la pile et établir l'équation de la réaction. Les concentrations sont de 0,1 mol/L pour les espèces en solution.

Question en plus : comment brancher le générateur si on veut réaliser une électrolyse

On utilise aujourd'hui des tiges en fer pour faire du béton armé. Mais le fer est attaqué par l'eau ce qui fragilise les installations. Pour empêcher cela, on utilise du Zn.

2. a. Quel est l'intérêt d'utiliser du Zn ici? Comment appelle-t-on ce type de protection?
- b. On protège un bâtiment avec du Zn. La réaction d'oxydoréduction qui a lieu génère un courant  $I = 15$  mA. On souhaite protéger ce bâtiment sur une durée de 3 ans et on veut qu'à la fin il reste 20 % du Zn qui était présent au départ. Quelle masse de Zn doit-on apporter?

Donnée :

- $E^\circ(\text{Fe}_2^+ / \text{Fe}) = -0,45$  V
- $E^\circ(\text{Zn}_2^+ / \text{Zn}) = -0,76$  V
- $M(\text{Zn}) = 65,4$  g·mol<sup>-1</sup>

### 169 – Ondes téléphoniques (Séjourné2-2022)

On a un conducteur parfait qui occupe le demi-espace  $z > 0$ . On est dans le vide pour  $z < 0$ . On a une OPPM qui se propage selon  $+\vec{u}_z$  d'amplitude  $E_0$  et polarisée selon  $\vec{u}_x$ .

1. Proposer une équation pour  $\vec{E}_i$ .
2. Trouver  $\vec{E}_r$ .
3. pour certaines valeurs de  $z$  ( $z < 0$ ), le champ  $\vec{E}$  s'annule. Expliquer pourquoi, quel type d'onde a-t-on?

On est entouré par des ondes téléphoniques qui se reflètent sur les immeubles qu'on peut assimiler à des conducteurs parfaits.

4. quel est l'ordre de grandeur de la fréquence des ondes téléphoniques?
5. Quel est la distance entre 2 annulations de l'onde?

On place un cadre carré composé de  $n$  spires et de côté  $a = 2$  cm. On mesure la valeur efficace de la tension dans ce câble. Le but est de trouver  $E_0$ .

6. Trouver une équation de la tension efficace dans le cadre. Que se passe-t-il quand on translate le cadre selon  $\vec{u}_z$ ? il fallait expliquer que  $a$  était très petit devant les autres dimensions donc on pouvait sortir  $S = a^2$  de l'intégrale pour calculer le flux avec Faraday questions en plus : discussion autour de l'échantillonnage (Théorème de Shannon), comment évolue la taille des antennes selon les ondes que l'on veut recevoir. Discussion autour des ondes stationnaires (j'ai parlé de la corde de Melde, il avait l'air content).

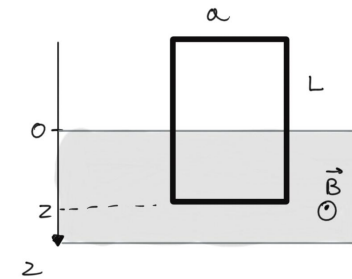
### 170 – Étude spectrale (Texeraud1-2022)

On a trois signaux sinusoïdaux en phase à  $t = 0$ . On obtient un signal comme étant la somme des signaux d'amplitude et de fréquence :  $A_1, f_1 = 200$  Hz;  $A_2, f_2 = 2$  kHz;  $A_3, f_3 = 20$  kHz.

1. Donner la forme du signal obtenu.
2. Quels paramètres faut-il vérifier lors d'une étude spectrale? Que se passe-t-il si les conditions ne sont pas respectées? Dresser le spectre du signal obtenu.
3. Si on souhaite seulement isoler la fréquence 2 quel système faut-il mettre en place? Faire un schéma électrique avec les composantes de base de l'électricité. Trouver les paramètres afin sur ces composants afin de satisfaire l'isolement.

### 171 – Chute d'un cadre (Texeraud2-2022)

On considère un cadre conducteur rectangulaire, de résistance  $R$ , de masse  $m$ , en chute libre, guidé en translation verticale, pénétrant dans une zone de champ magnétique uniforme ( $z > 0$ ) à  $t = 0$ .



1. Quel phénomène est à l'origine de la création du courant lorsque le cadre entre dans le champ  $\vec{B}$ ? Donner le sens et la valeur de  $i$ .
2. Quelles forces s'exercent sur le cadre? Sens et valeurs.
3. Trouver l'équation mettant en œuvre la vitesse du cadre. La résoudre. Que se passe-t-il si  $L$  est quasi infini? Commentaires

## Oral 2021

**172 – Cavité électromagnétique (Anedda1-2021)**

- Soit  $x = 0$ ,  $x = a$ ,  $y = 0$ ,  $y = b$ ,  $z = 0$ ,  $z = c$ , 6 plans de conducteurs parfaits. Donner la formule de la densité volumique de puissance électromagnétique. A partir de la loi d'Ohm locale en déduire que le champ  $\vec{E}$  est nul dans un conducteur.
- Avec  $\vec{E} = E_0 \sin(k_1 x) \sin(k_2 y) e^{j\omega t} \vec{e}_z$  et soit la composante tangentielle continue. Quelles sont les conditions pour que  $\vec{E}$  ne soit pas nul? Quelle condition sur  $\omega$ ?

**173 – Dosage d'acides (Anedda2-2021)**

Dans un bécher de 20 mL on a de l'acide chlorhydrique et un acide faible. Dans une burette on a de l'hydroxyde de sodium avec une concentration  $c = 1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ . On réalise un titrage pH-métrique et conductimétrique. Cf schéma 6

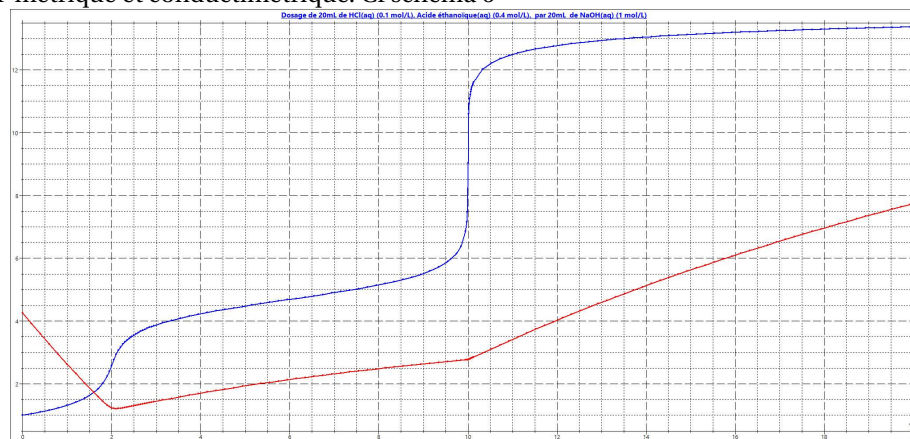


Fig. 6 – Dosage d'acides

On néglige les effets de dilution.

- Quelle est la courbe conductimétrique? pH-métrique? Quelles sont les conditions pour réaliser un bon titrage conductimétrique? Quel est l'ordre de réaction d'après la courbe conductimétrique? Expliquer l'évolution de la courbe conductimétrique. En plus : Ecrire les formules des espèces mises en jeu.
- Quelle est la méthode la plus précise pour mesurer le volume équivalent?
- Déterminer les concentrations des acides.
- Avec  $v = 0$  et  $\text{pH} = 1$  déterminer la concentration de l'acide fort.
- Déterminer le  $\text{pK}_a$  de AH.

**174 – Circuit RLC parallèle en régime transitoire (Antoine1-Lagarde-2021)**

À  $t = 0$ , on ferme  $K$ .

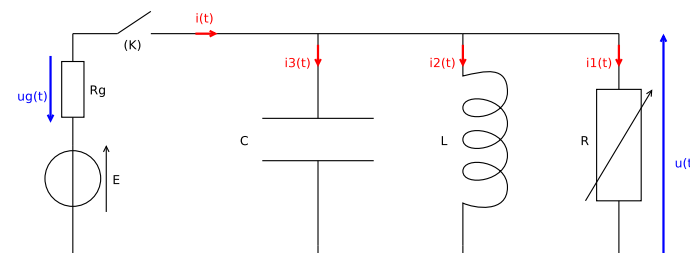


Fig. 7 – Circuit RLC parallèle en régime transitoire

- Donner  $u(t = 0^+)$ , ainsi que  $i_3$ ,  $i_2$ ,  $i_1$ .
- Donner l'équation différentielle régit par  $u(t)$
- On pose  $R = R_g$ ,  $LC = \tau^2$ ,  $RC = 2\tau$ , tracer  $u$ .
- Faire un bilan d'énergie

**175 – Rotor d'un moteur (Anoine2-Lagarde-2021)**

On modélise le rotor d'un moteur par un cerceau placé horizontalement sans résistance ainsi que deux barres ( $OA$ ) et ( $OA'$ ) identiques (longueur  $a$ , résistance  $R$ , masse  $m$ ). L'ensemble est placé dans un champ magnétique uniforme verticale  $\vec{B}$ . ( $OA$ ) a une vitesse constante  $\omega_0$ . La vitesse initiale de la barre ( $OA'$ ) est nulle.

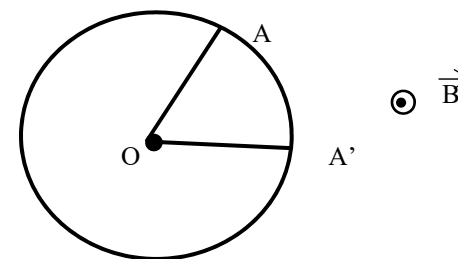


Fig. 8 – Rotor d'un moteur

- Déterminer  $\omega(t)$ , vitesse de rotation de ( $OA'$ ).
- Faire un bilan énergétique.

**176 – Bulle de savon (Barrau1-2021)**

On considère une bulle de savon d'indice  $n = 1,4$ , d'épaisseur  $e$  qui flotte dans l'air éclairée en incidence normale.

- Calcul de la différence de phase entre les 2 rayons réfléchis en lumière monochromatique. (On admettra que le passage d'un milieu – réfringent à + réfringent ajoute  $\pi$ .

2. On passe maintenant en lumière blanche (toujours en incidence normale). Calculer  $e_{\text{mini}}$  pour observer des couleurs.
3. On observe une irisation de la bulle, pourquoi?
4. Pas de souvenirs...
5. Quelle est la couleur à la surface de la bulle juste avant qu'elle n'éclate?

### 177 – Astéroïde (Barrau2-2021)

On considère un astéroïde de masse  $m$  à la vitesse  $V_0$  à l'instant  $t_0$  est en  $M_0$ . La Terre de masse  $M_t$  est en  $O$ . Seule la force de gravitation est considérée ici.

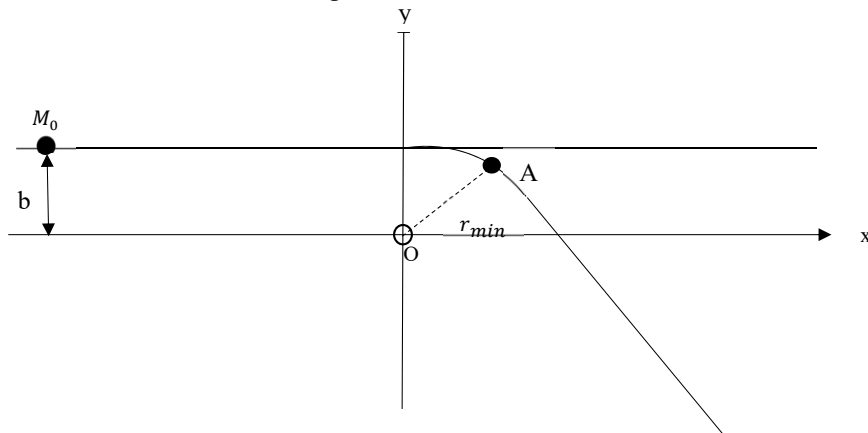


Fig. 9 – Astéroïde

1. Par une analyse énergétique, déterminer si la trajectoire est bornée ou pas.
2. Démontrer que le vecteur  $\vec{V}_A$  est perpendiculaire au vecteur position  $(\vec{OA})$  au rayon min.
3. Déterminer une relation entre  $V_0, b, V_a, r_{\text{min}}$ .
4. Déterminer (à l'aide de l'équation précédente entre autre) la relation :  $r_{\text{min}}^2 + \frac{2GM_t}{v_0^2} r_{\text{min}} - b^2 = 0$ . En déduire  $r_{\text{min}}$ .
5. Déterminer une condition sur  $b_{\text{min}}$  et en déduire un critère d'écrasement. (Pas compris...)
6. Qualitativement, que se passe-t-il si l'on se place dans le cas où  $b$  est très légèrement supérieur à  $b_{\text{min}}$ ?

### 178 – Détection d'une nappe de pétrole par gravimétrie (Bougeard1-2021)

On étudie ici s'il est possible de découvrir de nouvelles nappes de pétrole en contrôlant la

variation du champ gravitationnel en utilisant un gravimètre mis en place sur un avion. On considère la surface infinie.

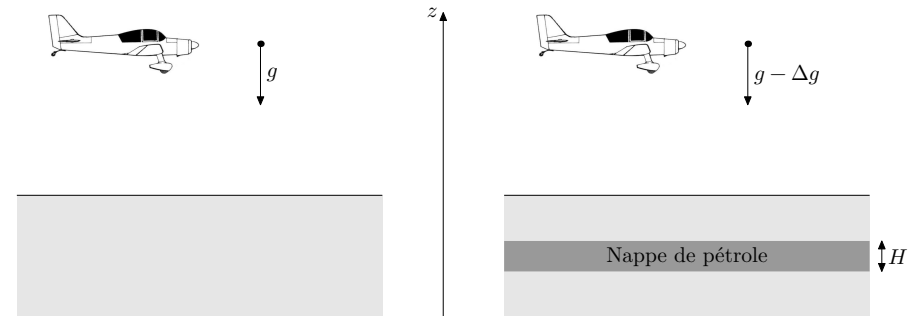


Fig. 10 – Détection d'une nappe de pétrole par gravimétrie

Données

- >  $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$  SI
- >  $\rho_{\text{sol}} = 1500 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$
- >  $\rho_{\text{pétrole}} = 900 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

1. Rappeler rapidement le théorème gravitationnelle de Gauss par analogie avec l'électrostatique.
2. Donner l'expression du champ gravitationnel dû à la nappe de pétrole, supposée seule, en tout point de l'espace en détaillant et justifiant la méthode.
3. Donner la variation  $\Delta g$  causée par la présence de la nappe de pétrole.
4. Faites l'application numérique pour  $H = 200$  m.
5. La précision des gravimètres actuels est de  $10^{-7}$ . Peut-on donc utiliser cette méthode pour découvrir des nappes de pétroles?

### 179 – Étude d'un réfrigérateur (Bougeard2-2021)

1. Donner en justifiant l'efficacité d'un réfrigérateur. Quel cycle pour le rendre maximal? Donner son expression.

Le réfrigérateur fonctionne à 50 % de son efficacité maximale. Il possède une puissance  $P = 150$  W. Il fonctionne 8min par heure (je crois que c'était ça l'énoncé).

2. Donner la valeur de la résistance thermique du réfrigérateur.

### 180 – Convertisseur analogique binaire-décimal (Bounthanh1-2021)

Les tensions  $u_k$  prennent uniquement les valeurs 0 ou 5 V.

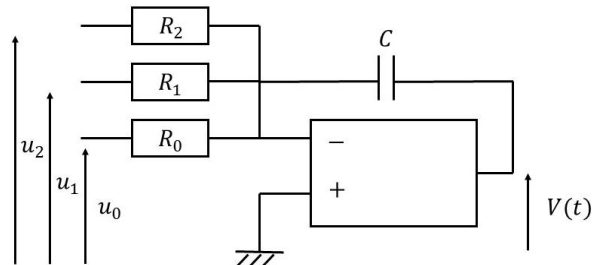
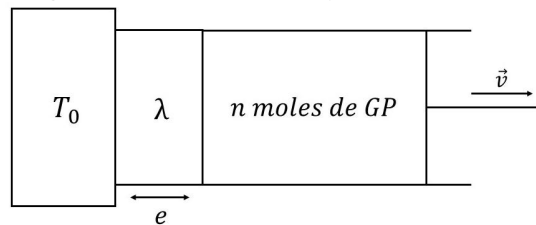


Fig. 11 - Convertisseur analogique binaire/décimal

Soit  $N$  le nombre binaire tel que  $N = b_2b_1b_0$  avec  $b_k = 1$  si  $u_k = 5$  V, 0 sinon.  
 À l'instant initial, le condensateur est déchargé et on applique les tensions  $u_k$ . Données :  
 $R_0 = 25$  k $\Omega$ ,  $T_0 = 25$  ms

1. Donner les valeurs de  $R_1$ ,  $R_2$  et de  $C$  pour que  $V(T_0)$  correspondent à  $N$  en décimal.
2. L'AO a une tension de saturation de 12V. Donner la valeur maximale de  $T_0$ .

**181 - Détente d'un gaz parfait dans un cylindre (Bounthanh2-2021)**

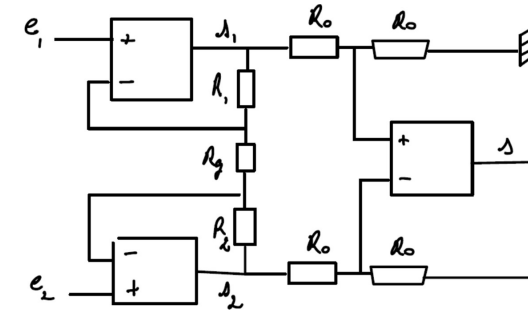


Un cylindre de section  $S$  contient  $n$  moles de gaz parfait diatomique. Il est en contact avec un échangeur thermique de conductivité  $\lambda$ , lui-même en contact avec un thermostat  $T_0$ . On fait sortir le piston à vitesse constante  $\vec{v}$ . Les parois latérales du cylindre et le piston sont supposés adiabatiques.

1. Donner la conductance de l'échangeur.
2. Établir la relation  $\frac{dP}{dV} = -\gamma \frac{P}{V} + \alpha P + \frac{\beta}{V}$ , avec  $\alpha$  et  $\beta$  deux constantes à exprimer.
3. Ne se rappelle pas.

**182 - Électronique-soustracteur (Chevrier1-2021)**

1. Énoncer les hypothèses de l'ALI idéal
2. Représenter le schéma d'un montage soustracteur avec 4 résistances identiques tel que  $s = e_2 - e_1$ .
3. Comment modifier le montage précédent pour avoir  $s = A(e_2 - e_1)$  avec  $A > 1$ ?
4. On a le montage suivant, déterminer  $s$  en fonction de  $e_1$  et  $e_2$ .



**183 - Corrosion de canalisation (Chevrier2-2021)**

On a un mélange gazeux d'acide chlorhydrique et de 25% d'hydrogène en volume à 800 °C dans une canalisation en acier (qu'on assimilera ici à du fer). On donne  $\Delta_f G^\circ(\text{HCl}(g)) = -95,3$  kJ·mol<sup>-1</sup> (donnée) et  $\Delta_f G^\circ(\text{FeCl}_2(s)) = -302,4$  kJ·mol<sup>-1</sup> (donnée) à 800 °C.

1. Est-ce qu'il y aura corrosion dans la canalisation par l'acide chlorhydrique?
2. Que peut-on faire pour modifier le résultat précédent?

**184 - Coaxial (Chiron1-2021)**

Compteur Linkee blablabla (un pavé) fréquence comprises entre 9kHz et 95kHz pour pas perturber le signal logistique (pas sûr) compris entre 95 kHz et 125 kHz. On étudie un câble coaxial de rayon  $R$  et on donne :  $\vec{j} = j \cdot \vec{e}_z$

1. a. Déterminer  $I$  dans le câble.  
 b. Déterminer  $\vec{B}$  à l'extérieur du fil.

contexte : blabla => régime variable on donne  $\vec{B} = g(r)\mu_0 I_0 e^{j(\omega t - kr)} \vec{e}_\theta$ .

$$\text{rot } \vec{A} = \begin{pmatrix} \frac{1}{r} \frac{\partial A_z}{\partial \theta} - \frac{\partial A_\theta}{\partial z} \\ r \frac{\partial \theta}{\partial A_r} - \frac{\partial z}{\partial A_z} \\ \frac{1}{r} \left[ \frac{\partial (r A_\theta)}{\partial r} - \frac{\partial A_r}{\partial \theta} \right] \end{pmatrix}$$

2. Déterminer  $\vec{E}$ .
3. Donner la relation entre  $k$ ,  $\omega$  et  $c$ . Simplifier l'expression de  $\vec{E}$ . L'onde peut elle alors être considérée comme plane?
4. On considère un humain de conductivité  $\gamma$  à distance  $r$  du câble. Rappeler la définition de puissance volumique dissipée par effet joule.

**185 - Glaçon dans un verre (Chiron2-2021)**

On place un glaçon de 10 g à  $T_1 = -20$  °C dans 15 cL d'eau à  $T_2 = 10$  °C. Le tout se trouve

dans un verre calorifugé.

Données :

- $c_g = 2,1 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$
- $c_l = 4,2 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$
- $\Delta h_{\text{fus}}(T_0 = 273 \text{ K}) = 333 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$

1. a. Quelle est la température finale?  
b. Quelle est la masse minimale pour qu'il reste du glaçon?
2. Maintenant on met un glaçon de 30 g que vaut  $x_g$  la fraction massique fondue?

### 186 – Thermodynamique (Dabier1-Banse-2021)

1. Démonstration du caractère isenthalpique de la détente de Joule-Thomson. Démonstration du premier principe industriel en partant du premier principe vu en première année.
2. Lecture graphique de  $x_{\text{liq}}$  d'un fluide subissant une détente de Joule-Thomson sur un diagramme  $\log P = f(h)$ , en partant d'un liquide juste saturant. La détente se faisant de 12 à 1 bar.
3. Calcul ou lecture de l'entropie créée lors de la transformation.
4. On considère un moteur ditherme fonctionnement de manière réversible avec les deux sources de température de masse  $m$  et capacité thermique  $c$ , initialement à  $T_1$  et  $T_2$ . Écrire les deux principes et en déduire la température finale.
5. En déduire l'expression de  $W$  et donner un ordre de grandeur avec 1 tonne d'eau,  $T_1 = 2^\circ\text{C}$  et  $T_2 = 26^\circ\text{C}$

### 187 – Conductivité thermique (Dabier2-Banse-2021)

Une pièce est séparée de l'extérieure par un mur avec une couche de bois d'épaisseur  $e$  et une couche laine de verre d'épaisseur  $e'$ .

1. Redémontrer la résistance thermique et appliquer la formule dans le cas présent. Donner l'unité de  $\lambda$ . Question supplémentaire : redémontrer plusieurs unités, quelle couche a la plus grande résistance thermique, pourquoi?
2. Il y a un moteur ditherme dans la maison. On nous donne la puissance créée par le moteur. On commence avec une pièce à  $14^\circ\text{C}$ , de capacité thermique  $C$ . Dès que la température atteint  $20^\circ\text{C}$  le moteur s'arrête. La température extérieure est constante et vaut  $T_{\text{ext}}$ . Tracer l'évolution temporelle de la température dans la pièce. (aide trouver une équation différentielle).

### 188 – Cocotte-minute (Gerard1-2021)

Une cocotte-minute est modélisée par un cylindre de section  $S$  et de hauteur  $L$ . Elle contient un mélange liquide vapeur. On considère la vapeur d'eau comme un gaz parfait. La température initiale dans la cocotte-minute est de  $100^\circ\text{C}$ . L'eau occupe une hauteur  $h$ .

La loi empirique de Duperray donne une relation liant la pression saturante à la température :  $P_{\text{sat}} = P_0 \left(\frac{t}{100}\right)$  avec  $t$  en  $^\circ\text{C}$  et  $P$  en bar et  $P_0 = 1$  bar.

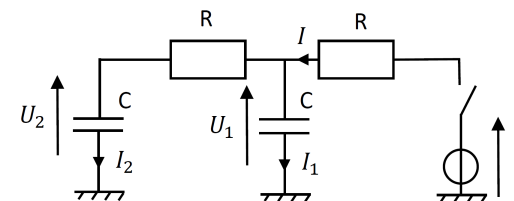
1. On augmente la température à  $110^\circ\text{C}$ , donner la nouvelle hauteur d'eau liquide.

Données :  $L = 20 \text{ cm}$ ;  $h = 1 \text{ cm}$ ;  $R = 10 \text{ cm}$ .

2. Dans un diagramme  $(P, T)$  de changement d'état de l'eau, replacer la loi de Duperray. Pourquoi augmenter la température dans la cocotte-minute? Comment limiter la température à  $110^\circ\text{C}$ ? Quel est le risque si la température n'arrête pas d'augmenter?

### 189 – Circuit électrique (Gerard2-2021)

On considère au temps  $t = 0^-$  les valeurs suivantes :  $U_1(0^-) = U$  et  $I_2(0^-) = 0$ .



On ferme l'interrupteur au temps  $t = 0$ .

1. À  $t = 0^+$ , calculer les valeurs de  $I$ ,  $I_1$  et  $I_2$ .
2. Sans résoudre d'équations différentielles, donner la charge de chaque condensateur à  $t = \infty$ .
3. En déduire l'énergie reçue par chaque condensateur et celle fournie par la source entre les temps  $t = 0$  et  $t = \infty$ .
4. En déduire l'énergie dissipée par les résistances, mettre le résultat sous forme d'un carré parfait. Quelle est l'influence de  $R$ ?

### 190 – Dépôt de nickel (Gerino1-2021)

On veut fabriquer du nickel par électrolyse.

Solution de l'électrolyse : sulfate de nitrate ( $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ) à  $c = 1 \text{ mol/L}$  à  $\text{pH} = 5$ .

Électrode de fer et platine.

On veut le dépôt sur l'électrode de fer.

Données :  $E^\circ(\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}) = -0,26 \text{ V}$ ,  $E^\circ(\text{H}_2\text{O}/\text{O}_2) = 1,23 \text{ V}$  et  $M_{\text{Ni}} = 18,9 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

1. a. Représenter le montage.  
b. Donner le noms des électrodes et les pôles + et -.  
c. Réactions possibles aux électrodes et leur potentiel de Nernst.

On suppose qu'on débite un courant  $I = 1,8 \text{ A}$ , que le circuit possède une résistance interne de  $17 \text{ m}\Omega$  et que chaque potentiel est augmenté de  $0,6 \text{ V}$  en valeur absolue.

2. Représenter diagramme  $I = f(E)$  en ne prenant compte que les réactions qui nous intéressent.
3. Calculer la tension minimale à appliquer.
4. Calculer la masse de Ni formée en 1h.

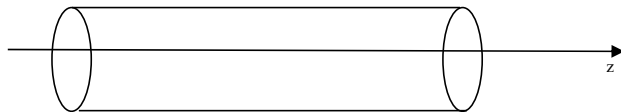
**191 – Détente d'un fluide (Gerino2-2021)**

Dans une machine frigorifique, on étudie un fluide dans un tuyau calorifugé qui subit une rétrécissement de section. Le fluide arrive au point A ( $T = 303 \text{ K}$ ;  $P = 7,2 \text{ bars}$  et liquide juste sat) et finit en B ( $T = 283 \text{ K}$ ;  $P = 2,2 \text{ bars}$  et état diphasé) Hypothèses :  $E_c = \text{cst}$  On donne  $L_{\text{vap}}$ , masse volumique  $\rho$  et C (capacité thermique).

1. Comme nomme-t-on la détente? Caractéristiques?
2. Représenter la transformation sur diagramme  $(P, T)$  et  $(P, V)$ .
3. Donner l'état initial du fluide  $(P, T, x_v)$ .
4. Donner l'état final du fluide.
5. Question bonus : calculer  $s_b - s_a$  (les entropies).

**192 – Propagation d'un fluide visqueux dans une roche (Guilhem1-Lapeyre-2021)**

On considère un cylindre d'axe  $z$  de rayon  $R$  de longueur  $L$  dans laquelle circule un fluide visqueux. On donne la vitesse selon l'axe  $\vec{e}_z$  : (cet écoulement est dit de Poiseuille) :  $v_z(r) = \frac{\Delta P}{4\eta L} (R^2 - r^2)$ .



1. Calculer le débit volumique  $Q$ .

On considère une canalisation de section constante, horizontale.

2. Si le fluide est parfait comment évolue la pression dans la canalisation? Et si le fluide est de Poiseuille?

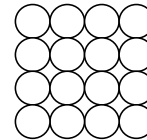


Fig. 12 – Canalisation horizontale

3. Avec la canalisation ci-dessus figure 12, comment évolue la hauteur d'eau, si le fluide est parfait? Si le fluide est de Poiseuille?

4. On donne la loi de Darcy et on appelle  $k$  la permittivité du milieu  $Q = \frac{Ak\Delta P}{\eta L}$ , où  $A$  est l'aire traversée par le fluide.

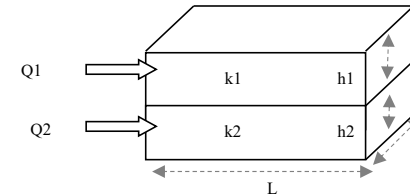
- a. Quelle est l'unité de  $k$ ?



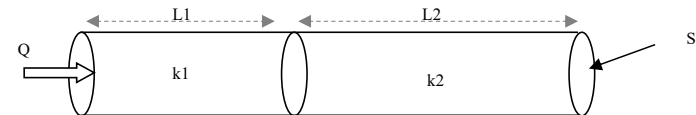
- b.

On place  $N$  tuyau en parallèles (ici 16). Montrer que l'on peut retrouver la formule de Darcy en étudiant l'écoulement de Poiseuille précédent. Combien vaut  $Q$  dans chaque tuyau?

- c.



Déterminez  $k_m$  la permittivité équivalente de cette association en parallèles de deux couches de terre.



Déterminez  $k_m$  la permittivité équivalente de cette association en série de deux couches de terre. Faire une analogie électrique.

**193 – Magnétostatique - électrostatique (Guilhem2-Lapeyre-2021)**

1. Déterminer en précisant le théorème utilisé l'expression du champ  $\vec{E}$  créée par un cylindre infini de rayon  $R$ , de densité volumique de charge  $\mu$  constante, en tout point de l'espace ( $r < R$ ,  $r > R$ ).
2. Déterminer en précisant le théorème utilisé l'expression du champ  $\vec{B}$  créée par un fil infini de rayon  $R$  traversé par un courant  $I$  réparti uniformément sur la section en tout point de l'espace ( $r < R$ ,  $r > R$ ).

**194 – Signal quasi-sinusoïdal (Hathout1-Mouchet-2021)**

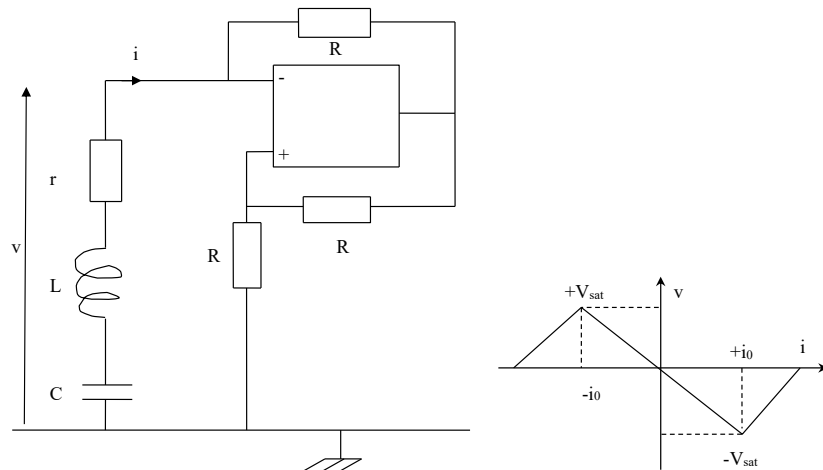


Fig. 13 – Signal quasi-sinusoïdal

1. Pour  $i \in [-i_0, +i_0]$ , donner l'équation caractéristique du bloc. Introduisez une constante  $R_0$ .
2. Donner l'équation différentielle vérifiée par  $i_0$ .
3. Pouvons-nous obtenir un signal sinusoïdal : En théorie ? En pratique ?
4. Comment peut-on mesurer le signal figure 14 ? Commenter le titre de l'exercice.

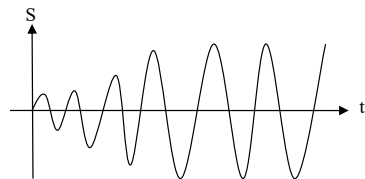


Fig. 14 – Démarrage des oscillations

### 195 – Gravitation (Hathout2-Mouchet-2021)

Données : (il manque peut-être des données)

- $M_S = 2 \cdot 10^{30}$  kg : masse du Soleil
- $R$  : rayon du Soleil
- $R_0 = 147 \cdot 10^6$  km : distance Terre-Soleil
- $T$  : période de révolution de la Terre autour du Soleil
- constante de gravitation  $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$  SI

1. Déterminer le champ gravitationnel créé par le Soleil.

2. Soit un point  $M$  décrivant une trajectoire circulaire autour du Soleil, à une distance  $r$  de celui-ci. Déterminer  $v_0$  sa vitesse et  $T_0$  sa période de révolution autour du Soleil
3. Soit Mars à une distance  $R_M = 228 \cdot 10^6$  km du Soleil, décrivant une trajectoire circulaire autour de celui-ci. Exprimer sa vitesse  $v_1$  en fonction de  $v_0$  et sa période de révolution autour du Soleil  $T_1$  en fonction de  $T_0$ .
4. Donner la durée entre deux alignements de cet ordre : Soleil-Terre-Mars

### 196 – Étude d'un compresseur (Leguery1-Dulout-2021)

1. Démontrer le premier principe des systèmes ouverts pour un fluide en écoulement en régime permanent.
2. L'air subit une compression adiabatique réversible de  $P_0 = 1$  bar  $T_0 = 300$  K à  $P_1 = 5$  bars. Sachant que le compresseur fournit une puissance de 5 kW, quel doit être le débit massique de l'air pour assurer cette compression.

Donnée :  $M_{\text{air}} = 29$  g/mol

### 197 – Léviton d'une spire (Leguery2-Dulout-2021)

La spire ( $S_0$ ) génère un champ magnétique. La spire ( $S$ ) possède une résistance  $R$  et une inductance  $L$ .

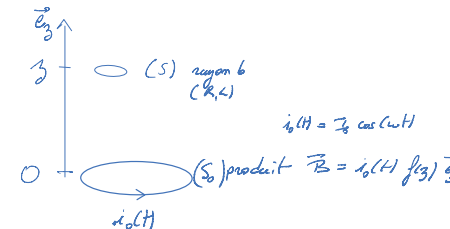


Fig. 15 – Léviton d'une spire

Dans l'exercice, on ne souhaite pas déterminer  $f(z)$

1. Donner l'expression du courant induit dans la spire ( $S$ ) en régime forcé.
2. Calculer le moment magnétique  $\vec{M}$ .
3. En faisant l'hypothèse que  $L\omega \gg R$ , donner l'expression de force induite sur ( $S$ )  $\vec{F} = \mathcal{M} \frac{\partial \vec{B}}{\partial z}$ , sa valeur moyenne. Que dire du sens de cette force et autres commentaires.

### 198 – Mesure de la profondeur d'une mine désaffectée (Mandard1-2021)

On place à la surface de la mine un émetteur d'onde sonore et on relève 2 fréquences de résonance successives pour  $f_1 = 63,57$  Hz et  $f_2 = 89,01$  Hz. Calculer la profondeur  $h$  de la mine sachant que la vitesse du son dans le vide est de 340 m/s.

### 199 – Fonction de retard d'un signal (Mandard2-2021)

On introduit la fonction retard d'un signal  $e(t)$  tel que  $s(t) = e(t - \tau)$

1. Quel est le retard pour  $e(t) = E \cos(\omega t)$ ? Trouver la fonction de transfert  $H_0(j\omega)$  et tracer le diagramme de Bode de la fonction en gain.
2. On étudie le schéma électrique figure 16, calculer la fonction de transfert  $H(j\omega)$  du circuit.

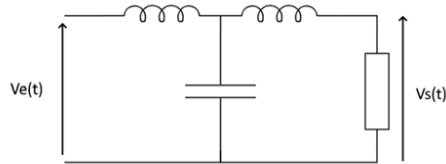


Fig. 16 – Fonction retard

3. On souhaite que les 2 fonctions de transferts soient équivalentes, faire un développement limité autour de 0 à l'ordre 2 de  $H_0(j\omega)$  et  $H(j\omega)$ . En déduire une condition sur  $R$  pour que  $H(j\omega)$  soit équivalente à  $H_0(j\omega)$ . Calculer  $\tau$ .

### 200 – Générer de l'énergie avec les vagues (Marchand1-2021)

On considère le pendule figure 17, qui suit le mouvement de la houle tel que  $OO'(t) = \alpha \cos(\omega_H t)$ . Une masse  $m$  est fixée en  $M$ . Le point  $O$  est un point fixe qui correspond à la position en l'absence de houle.

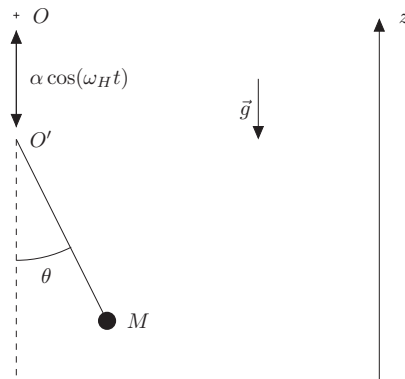


Fig. 17 – Schéma du pendule

1. Que représentent ici  $\alpha$  et  $\omega_H$ ?
2. Montrer que l'on peut écrire  $\vec{a} = \frac{d^2 \vec{O'M}}{dt^2} - \alpha \omega_H^2 \cos(\omega_H t) \vec{e}_z$ , puis écrire l'accélération  $\frac{d^2 \vec{O'M}}{dt^2}$  dans le repère  $(\vec{e}_r, \vec{e}_\theta)$  attaché au point  $M$ .
3. Retrouver l'équa-diff de  $\theta(t)$  de la forme  $\theta''(t) + \omega_0^2(1 - \lambda \cos(\omega_H t)) \sin \theta = 0$ . Exprimer  $\lambda$  et  $\omega_0$  en fonction des données de l'exercice.

4. À l'instant initial et proche de la position d'équilibre pour quelle condition sur  $\lambda$  le système est-il instable?
5. Si  $\omega_H = 3,1$  rad/s que vaut alors  $\alpha$  pour avoir de l'instabilité? est-ce crédible?
6. Si on prend en compte les frottements présents dans ce système, pourquoi faut-il privilégier un comportement instable?

### 201 – Communication avec un ballon météo (Marchand2-2021)

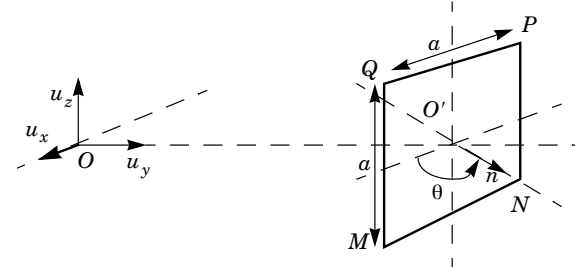


Fig. 18 – Communication avec un ballon météo

$OO' = D = 20$  km ( $O =$  ballon  $O' =$  recep-teur)

Bobine carrée de côté  $a = 5$  cm

Signal en  $O$  de  $f = 100$  Hz et de puissance moyenne  $\langle P \rangle = 100$  mW émit de manière isotrope.

1. Pourquoi l'onde reçue en  $O'$  peut-elle être considérée comme plane? Avec le champ  $\vec{E}$  d'amplitude  $E_0$ , polarisé selon  $\vec{e}_z$ .
2. Donner l'expression de  $\vec{E}$ , de  $\vec{B}$  et retrouver la valeur de  $E_0$ .
3. Qualitativement, y-a-t-il une fem  $e(t)$  induite dans le cadre? comment bien placer le cadre pour optimiser la fem?
4. Comparer  $a$  et  $\lambda$ . Conclusion
5. Déterminer la valeur efficace  $U_{\text{eff}}$  de la f.e.m. apparaissant aux bornes du cadre. Faire l'application numérique dans le cas le plus favorable. Commenter.

### 202 – Champ magnétique (Martins1-2021)

Un cylindre de longueur  $L$ , de rayon  $a$  et de conductivité  $\sigma$  est plongé dans un champ magnétique  $\vec{B} = B_0 \cos(\omega t) \vec{e}_z$ .

1. Avec quel objet et quelle alimentation peut-on créer ce champ?
2. a. Justifier l'apparition d'un champ électrique  $\vec{E} = E(r, t) \vec{e}_\theta$ .  
b. Exprimer le terme  $E(r, t)$ .
3. Calculer la puissance dissipée par effet joule, la puissance totale et la puissance moyenne. On remplace ce cylindre par plusieurs petits cylindres de même longueur en gardant le

même volume

4. Calculer  $\langle P \rangle$  et comparer avec le précédent.

### 203 – Combustion de l'ammoniac (Martins2-2021)

On considère la réaction  $2\text{NH}_3(\text{g}) + \frac{5}{2}\text{O}_2(\text{g}) = 2\text{NO}(\text{g}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ .

Composé	O <sub>2</sub> (g)	NH <sub>3</sub> (g)	NO(g)	H <sub>2</sub> O(g)
$\Delta_r H_f^\circ$ (kJ/mol)		-46	90	-241
$C_{p,m}^\circ$ (J/K mol)	30	28	30	34

- Calculer  $\Delta_r H^\circ$ . Endothermique ou exothermique?
- Peut-on trouver le signe de  $\Delta_r S^\circ$  ?
- Comment évolue la réaction à haute et basse pression et température?
- La réaction a lieu dans les proportions stœchiométriques, elle est adiabatique à pression constante. Et la réaction est totale. Calculer la température à la fin de la réaction avec une température initiale de 298K.
  - Si la réaction a lieu à volume constant, on parle de température d'explosion. Qu'est ce qui change dans le raisonnement?

### 204 – Température de flamme (Monbrun1-2021)

Un mélange gazeux composé en volume de 20 % de SO<sub>2</sub> et 80 % d'air, pénètre sous 1 bar à 700 K dans une enceinte où un catalyseur permet d'obtenir du SO<sub>3</sub>. En supposant la réaction totale, adiabatique et monobare, calculer la température des gaz sortants de l'enceinte. On rappelle que l'air contient quatre fois plus d'azote que d'oxygène.

Données : à 298K

Composé	O <sub>2</sub> (g)	SO <sub>2</sub> (g)	SO <sub>3</sub> (g)	N <sub>2</sub> (g)
$\Delta_r H_f^\circ$ (kJ/mol)	0	-300	-400	0
$C_{p,m}^\circ$ (J/K mol)	30	43	57	28

### 205 – Volcan dans l'océan (Monbrun2-2021)

On considère un océan, à l'équilibre, de profondeur  $H$ , constitué d'eau, de masse volumique  $\rho(z)$ . L'océan est dans un champ de pesanteur uniforme  $\vec{g} = -g\vec{u}_z$  ( $g = 10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ ) et en contact avec l'atmosphère de pression  $P_0$ . On note  $P(z)$  la pression dans l'eau.

- En appliquant les lois de la physique à un élément mésoscopique d'eau à l'équilibre, entourant le point  $M$ , déterminer l'équation différentielle reliant  $\frac{dP}{dz}$  à  $g$ ,  $\rho(z)$ .
- On fait l'approximation  $\rho(z) = \rho_0 = 1 \text{ kg/L}$ . Calculer, dans ce cas  $P_1(z)$ .

On désire détecter les nouveaux volcans sous-marins à l'aide d'une observation par satellite. Le satellite effectue un relevé radar de référence. Il relève l'altitude de la surface par réflexion d'une onde électromagnétique.

Afin de déterminer la différence d'altitude et la masse du volcan on développe le modèle suivant. Le volcan est modélisé par une masse ponctuelle  $m$  placée en un point  $O$ .

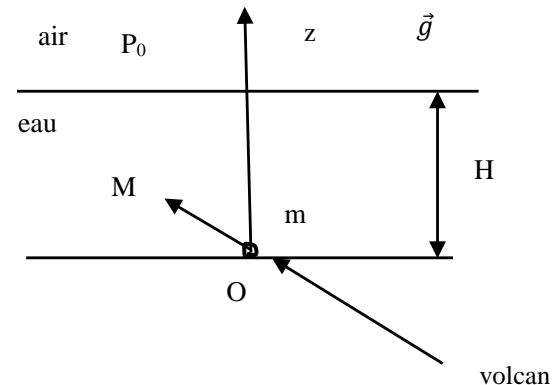


Fig. 19 – Volcan dans l'océan

On trouve  $P_2(z) = P_1(z) + \rho_0 \frac{Gm}{OM}$ , la constante de gravitation sera prise égale à  $G = 7 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$ .

- Déterminer si, à la verticale du volcan, la nouvelle surface de l'océan, de hauteur  $H'$ , forme une bosse ou un creux :  $H' >$  ou  $<$   $H$ .
- Calculer la dénivellation  $|H - H'|$  à la verticale du volcan, en fonction de la masse du volcan. On relève une différence d'altitude de 4 cm, évaluer la masse du volcan.
- Question supplémentaire : (dans les dernières minutes)  
Est-ce que vous pouvez me dire pour quelles raisons on peut voir différentes couleurs à la surface d'une tâche d'essence lorsqu'on bouge la tête.

### 206 – OPH (Neto1-2021)

- Écrire les équations de Maxwell dans le vide.
- Démontrer qu'une onde plane monochromatique est transversale.
- Un laser envoie un faisceau cylindrique de diamètre  $d = 2 \text{ mm}$  à une longueur d'onde  $\lambda = 635 \text{ nm}$ . Le faisceau se propage dans la direction et le sens  $(Ox)$  et est polarisée selon  $(Oy)$ . " La puissance du laser " (je me rappelle plus du terme précis) est de 1mW. En faisant les hypothèses nécessaires déterminer le champ électromagnétique du laser.

### 207 – Rails de Laplace (Neto2-2021)

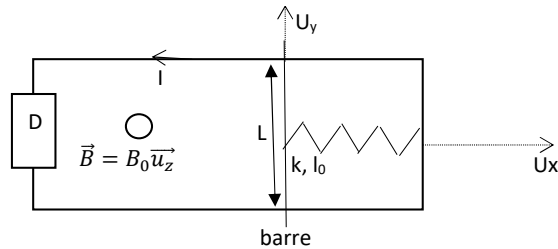


Fig. 20 – Rails de Laplace

Ressort de raideur  $k$  de longueur à vide  $l_0$  et  $D$  est un dipôle purement résistif de résistance  $R$ . La barre se déplace sans frottements.

1. Dimension de  $\frac{R\sqrt{mk}}{L^2 B^2}$ .
2. Établir l'équation du mouvement.
3. Que se passe-t'il si  $R$  est suffisamment grand?
4.  $D$  est maintenant une résistance en série avec un générateur de tension  $e(t) = E_m \cos(\omega t)$ . Déterminer l'amplitude de l'oscillation en régime forcé.

### 208 – Filtre (Pucheu1-2021)

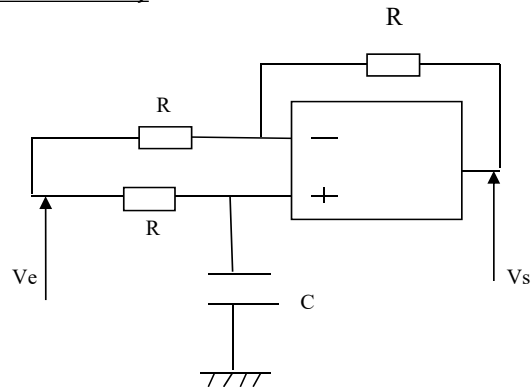


Fig. 21 – Filtre

1. Déterminer  $H(j\omega)$  et caractériser le filtre.
2. On pose  $\tau \ll T$  et  $\tau = RC$ , déterminer le déphasage introduit par ce filtre.
3. On donne en entrée  $e(t) = \frac{4E}{\pi} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{2n+1} \sin(2\pi f t (2n+1))$ , signal en créneau. Trouver  $s(t)$ ?

### 209 – Michelson (Pucheu2-2021)

On a un Michelson en coin d'air avec  $\delta = 2e = 2x \sin \alpha$  on éclaire avec une source  $\lambda = 600$  nm. On place une lentille de distance focale  $f'$ .

1. Où doit on placer l'écran?
2. Quel est l'intérêt d'avoir une source étendue?
3. On obtient sur l'écran une figure de 14 cm de diamètre alors que les miroirs font 2 cm et l'écart entre les franges est de 1 mm. Déterminer  $\alpha$ .

### 210 – Laser (Prevot1-2021)

On utilise un laser de puissance  $P = 2$  mW et de section  $S = 2$  mm<sup>2</sup>. (L'onde émise est polarisée rectilignement). Déterminer les valeurs des amplitudes des champs, électrostatique et magnétique.

(l'examinateur veut la valeur numérique! Question rajouter : donner les unités des champs électrostatique et magnétique)

### 211 – Chute d'une barre (Prevot2-2021)

On considère le dispositif figure 22 dans lequel une barre métallique de masse  $m$  peut glisser sans frottement le long de deux rails verticaux distants de  $a$ . Le circuit possède une résistance  $R$  et une inductance, notée  $L$ . Dans l'espace où se déplace la barre règne un champ magnétique stationnaire et uniforme  $\vec{B}$ . À l'instant initial la barre est lâchée à la position  $z = 0$  et sans vitesse initiale.

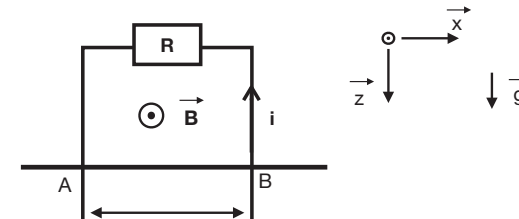


Fig. 22 – Chute d'une barre

1. Déterminer l'équation électrique.
2. Déterminer l'équation mécanique.
3. En considérant la résistance  $R$  très grande (valeur à préciser) déterminer  $i(t)$  et  $v(t)$ . Tracer l'allure des fonctions.

### 212 – Satellite (Pujol1-2021)

Un satellite est en orbite circulaire autour de la terre à une altitude  $h = 800$  km. Il a une vitesse  $\vec{v}$  dans le référentiel géocentrique.

1. Déterminer une relation simple liant la variation d'énergie cinétique et l'énergie potentielle
2. En réalité le satellite subit des forces de frottement (atmosphère)  $\vec{f} = -\alpha m v \vec{v}$ . On observe une diminution de l'altitude de  $a = 1$  m par tour. Déterminer  $\alpha$ .

3. radius Quelle altitude perdue au bout de 1 an?
4. Évolution de la vitesse?

### 213 – Plasma (Pujol2-2021)

On se place dans un plasma avec une densité particulière telle que  $n_{\text{ion}} = n \exp(-\alpha V)$  (ions de charge  $e$ ),  $n_e = n \exp(\alpha V)$  (électrons de charge  $-e$ ).  $\alpha = e/k_b T$  une constante.  $V(r)$  le potentiel (nul au départ). On introduit alors un ion positif de charge  $Ze$  d'origine  $O$  et de rayon  $a$ .

1. Exprimer  $\rho$  la densité de charge en fonction des données.
2. On se place pour  $r > a$ . Sachant que  $|\alpha V| \ll 1$ , résoudre l'équation qui régit les variations spatiales de  $V(r)$ . Faire apparaître la longueur caractéristique  $L$  et une constante  $C$ .

3. Trouver  $C$

Donnée :  $\frac{1}{r} \frac{\partial(rf)}{\partial r^2} = \Delta f$

### 214 – Conducteur ohmique (Retegui1-2021)

On a un conducteur ohmique d'axe ( $Oz$ ) supposé infini et de rayon  $R$ . Il est soumis à un champ  $\vec{E}$  uniforme d'axe ( $Oz$ )

1. Quelle caractéristique définit l'aptitude d'un matériau à transmettre le courant? Donner son unité (question posée à l'oral : donner sa valeur pour un métal que vous connaissez).
2. Calculer le courant dans le conducteur.
3. Calculer le champ magnétique dans le conducteur.
4. Donner la puissance dissipée par effet joule dans un conducteur de longueur  $L$ .
5. A l'aide du champ magnétique, donner la puissance rayonnée. Faire le bilan de puissance.

### 215 – Électrolyse de l'étain (Retegui2-2021)

On souhaite faire l'électrolyse de l'étain. On a dans la solution :  $[\text{Sn}_4^{+}] = 0,1 \text{ mol/L}$  et  $[\text{Ag}^+] = 0,001 \text{ mol/L}$  (impuretés). La solution a un  $\text{pH} = 3$ .

Données :

- $E^\circ(\text{Sn}_4^{+}/\text{Sn}) = 0,05 \text{ V}$ , couple rapide
- $E^\circ(\text{Ag}^+/\text{Ag}) = 0,8 \text{ V}$  couple rapide
- Surtension anodique =  $+0,7 \text{ V}$  de l'eau
- Surtension cathodique =  $-1,0 \text{ V}$  de l'eau

1. Sachant que le numéro atomique de l'étain est  $Z = 50$ , justifier que le nombre d'oxydation soit de  $+IV$ .

2. Donner les réactions possibles en justifiant si elles sont à l'anode ou à la cathode. Donner leurs potentiels.
3. Tracer le diagramme  $I = f(E)$ .
4. Justifier le fait qu'on ajoute un peu d'étain.
5. Donner alors la tension à appliquer.

### 216 – Réversibilité d'un système masse ressort (Visconti2-2021)

A l'instant initial, on accroche une masse  $m$  à un ressort vertical de raideur  $k$ , de longueur à vide  $\ell_0$  pendu au plafond. Le système oscille puis se stabilise. L'origine de l'axe vertical orienté vers le bas est prise au plafond.

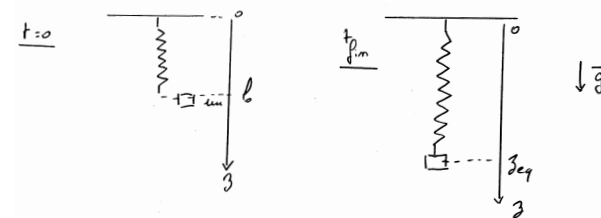


Fig. 23 – Réversibilité d'un système masse-ressort

1. Déterminer la position d'équilibre du système.
2. Faire un bilan d'énergie sur la transformation et donner le sens des échanges thermiques du système vers l'extérieur.
3. La transformation est-elle réversible?
4. Imaginer un système masse ressort dont la transformation serait réversible.

### 217 – Guide d'ondes (403)

Un guide d'onde est constitué deux plans parfaitement conducteurs situés en  $y = 0$  et  $y = a$  entre lesquels est confinée une onde électromagnétique de la forme

$$\vec{E} = [A e^{ik_2 y} + B e^{-ik_2 y}] e^{i(\omega t - k_1 x)} \vec{e}_z.$$

Donnée : On rappelle la relation de passage pour le champ électrique à l'interface entre deux milieux 1 et 2,

$$\vec{E}_2 - \vec{E}_1 = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \vec{u},$$

avec  $\vec{u}$  le vecteur normal dirigé de 1 vers 2.

1. Montrer que cette onde est une superposition de deux ondes planes progressives sinusoïdales (OPPS) dont on exprimera les vecteurs d'onde notés  $\vec{k}_\pm$ .
2. Que valent les champs dans un conducteur parfait? Établir une relation entre  $A$  et  $B$  et une condition sur  $k_2$  dépendant d'un entier  $n$ .

- Déterminer l'inclinaison  $\theta_{\pm}$  des deux OPPS avec l'axe du guide en fonction de leur longueur d'onde  $\lambda$  et  $a$ .
- En déduire que toutes les ondes ne peuvent pas se propager dans le guide.
- Exprimer l'onde totale. Commenter sa structure dans les directions  $x$  et  $y$ .

### 218 – Approche énergétique de l'effet de peau (404)

Considérons un conducteur électrique semi-infini de conductivité  $\gamma$  et dans lequel règne un champ

$$\vec{E} = E_0 e^{-\alpha z} e^{j(\omega t - \alpha z)} \vec{u}_x$$

- S'agit-il d'une onde plane? D'une onde progressive? Que représente  $\alpha$ ? Quelles sont la direction et le sens de propagation? La polarisation?
- Calculer le champ  $\vec{B}$  associé.
- Exprimer la moyenne temporelle du vecteur de Poynting.
- Effectuer un bilan de puissance pour une tranche de conducteur de surface  $S$  et de longueur  $dz$ . Déterminer la puissance cédée par unité de volume dans le conducteur.
- Établir une autre expression de la puissance cédée à partir de la loi d'Ohm locale.
- À partir des deux expressions obtenues, déduire la distance sur laquelle pénètre l'onde avant d'être atténuée.

## Oral 2019

### 219 – Miroir de Lloyd (Benchadi1-2019)

On dispose d'un miroir de Lloyd que l'on assimile à des trous d'Young. La source est quasiment monochromatique et de largeur  $a$ . La distance entre la source et le miroir est de  $s$  et de la source à l'écran  $D = 1$  m. La longueur d'onde moyenne est de  $\lambda_m = 589$  nm.

- Donner la distance entre les deux sources et la largeur des fentes. Quelle est la différence de marche? (Démonstration)
- Pour  $a = 0,1$  mm, calculer  $s$ .

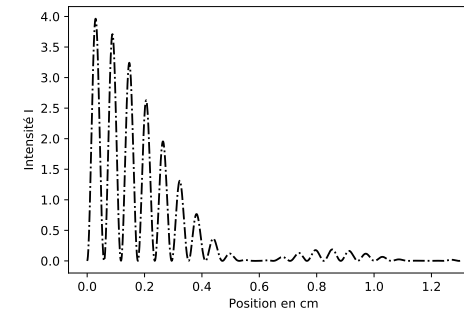


Fig. 24 – Fente de Young  $a = 0,1$  mm

- A partir des figures 24 et 25 expliquer le phénomène (quand  $a = 0,1$  mm et  $a = 0,2$  mm)

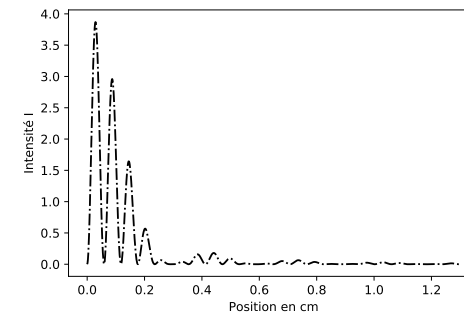


Fig. 25 – Fente de Young  $a = 0,2$  mm

- La source n'étant pas parfaitement monochromatique, déterminer  $\Delta\lambda$  pour  $a = 0,1$  mm il y a de nouvelles zones de brouillage, expliquez la méthode.

### 220 – Compression Isotherme (Benchadi2-2019)

On cherche à comprimer une masse d'eau  $m = 1$  kg sous état de vapeur jusqu'à ce qu'elle soit totalement liquide. La compression est isotherme  $T = 470$  K. On donne  $L_{\text{vap}} = 1,95 \cdot 10^6$  J/kg

$$P_{\text{sat}} = 13,53 \text{ bar}$$

$$P_{\text{ini}} = 1 \text{ bar}$$

$$M = 18 \text{ g/mol}$$

$$V_{\text{final}} = 1 \text{ cm}^3/\text{mol}$$

- Déterminer le volume  $V_1$  où il y a apparition des premières gouttes d'eau.
- Calculer le travail de compression
- Calculer le transfert thermique.

### 221 – Looping de skieur (Bottier1-2019)

Un skieur désire réaliser un looping sur une piste sans frottements dont le profil est donné figure 26. L'objectif est de déterminer la hauteur minimale de départ pour pouvoir effectuer un looping.

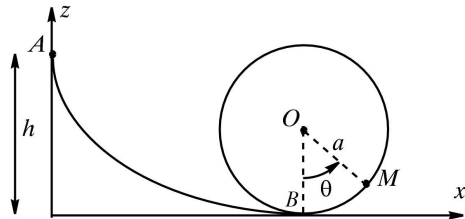


Fig. 26 – Piste de looping

1. Si la hauteur initiale est de  $2a$  est-ce que le skieur peut réaliser un looping (répondre sans calculs).
2. Vitesse en  $B$ ?
3. Calcul de la vitesse en  $M$ ?
4. Calcul de la réaction du support en  $M$  en fonction de  $\theta$  mais pas de sa dérivée.
5. Conclusion ( $h$  minimale?)

### 222 – Gel d'un lac (Bottier2-2019)

L'air au dessus d'un lac de surface  $S$  est à une température  $T_a = -20^\circ\text{C}$  inférieure à la température de fusion (c'est à dire aussi de solidification) de la glace  $T_f$ , l'eau de surface du lac commence à geler. L'épaisseur de glace formée est notée  $e(t)$ .

On note  $T_f$  la température de l'eau liquide, supposée uniforme (elle donc prête à geler), et  $T(z, t)$  la température de la glace pour  $0 < z < e(t)$ .

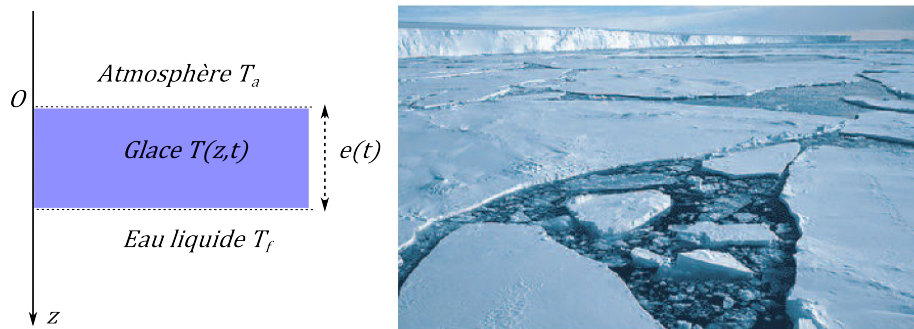


Fig. 27 – Gel d'un lac

On donne la température de fusion  $T_f = 273\text{ K}$  et la chaleur latente  $\ell_{\text{fus}} = 330\text{ kJ.kg}^{-1}$

de fusion de la glace, ainsi que sa masse volumique  $\mu$ , sa capacité calorifique massique  $c = 4,18\text{ kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$  et sa conductivité thermique  $\lambda$ . On adoptera la même valeur  $\mu$  pour la masse volumique de l'eau. On suppose que l'air impose sa température  $T_a$  à la surface du lac, c'est à dire  $T(z = 0, t) = T_a$ .

1. Effectuer un bilan d'énergie sur une tranche d'épaisseur  $dz$  de glace et déterminer l'équation de la chaleur dans la glace.
2. On nous dit : l'eau fond lentement. Qu'est ce que ca veut dire? Analogie avec un autre domaine de la physique.

On se place maintenant en régime permanent.

3. Que devient l'équation de la chaleur?
4. Donner l'expression de  $T(z, t)$ ?
5. Établir le flux thermique dans la glace.
6. En faisant un bilan d'énergie interne pour la petite couche de glace de volume  $dV$  qui se forme entre  $t$  et  $t + dt$ , montrer que  $e(t)$  est solution de :

$$e \frac{de}{dt} = \frac{\lambda(T_f - T_a)}{\mu \ell_{\text{fus}}}$$

En déduire  $e(t)$  pour  $e(t = 0) = e_0$  (on part d'un lac déjà partiellement gelé) et commenter le résultat obtenu.

### 223 – Trous de Young (Cailhol1-2019-Roquebert-Vuillermoz)

On considère le dispositif de trous de Young éclairé avec une source ponctuelle monochromatique de longueur d'onde  $\lambda$ .

1. Calculer la différence de marche sachant que  $D \gg a, x, y$ . (démonstration avec DL comme en cours)

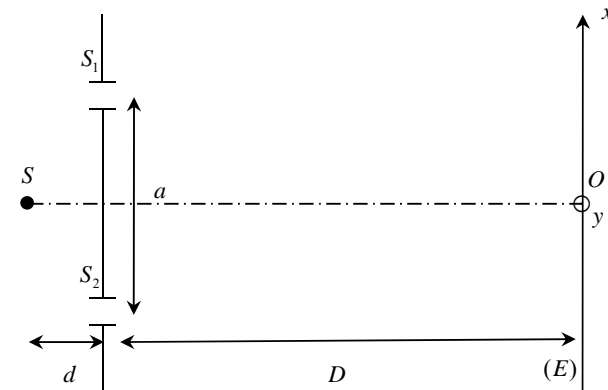


Fig. 28 – Trous de Young

2. On décale de  $X$  la source  $S$  de l'axe optique figure 29, quelle est la nouvelle différence de marche avec  $d \gg a, X$ ?

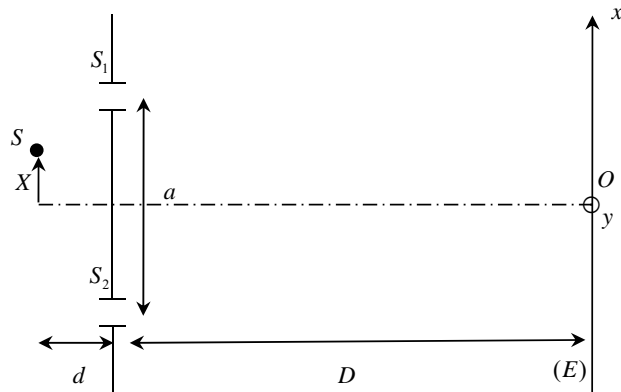


Fig. 29 – Trous de Young source décalée

3. On place une source étendue centrée de hauteur  $b$ , figure 30. On appelle  $\Phi$  l'angle sous lequel est vu la source. Quelle est la condition de visibilité? En déduire qu'il faut que  $a < L_s$  et exprimer  $L_s$  en fonction de  $\lambda, d$  et  $b$ .

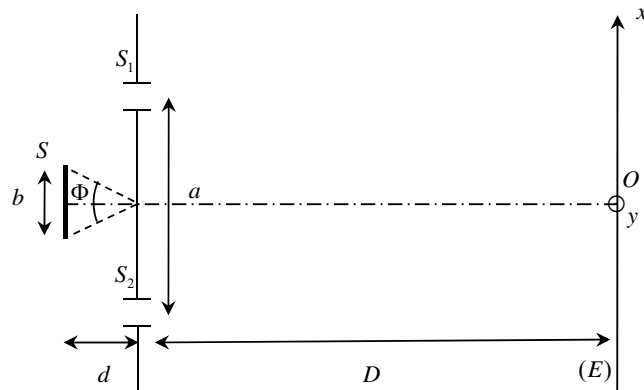


Fig. 30 – Trous de Young source étendue

4. Expérience de Grimaldi : il observe le Soleil à travers 2 trous distants de 1 mm. On donne diamètre Soleil  $1,3 \cdot 10^6$  km + distance Terre-Soleil  $149 \cdot 10^6$  km  
 a. Expliquer pourquoi ça n'a pas marché.  
 b. Même expérience avec Young pour des trous distants de  $40 \mu\text{m}$ , expliquer pourquoi ça marche.
5. On donne des graphes de l'intensité en fonction de l'abscisse  $x$  pour différents valeurs de  $\phi$  (angle que font les extrémités de la source étendue avec l'axe optique).

Les valeurs sur l'axe des abscisses sont fausses, elles ne devraient pas apparaître...

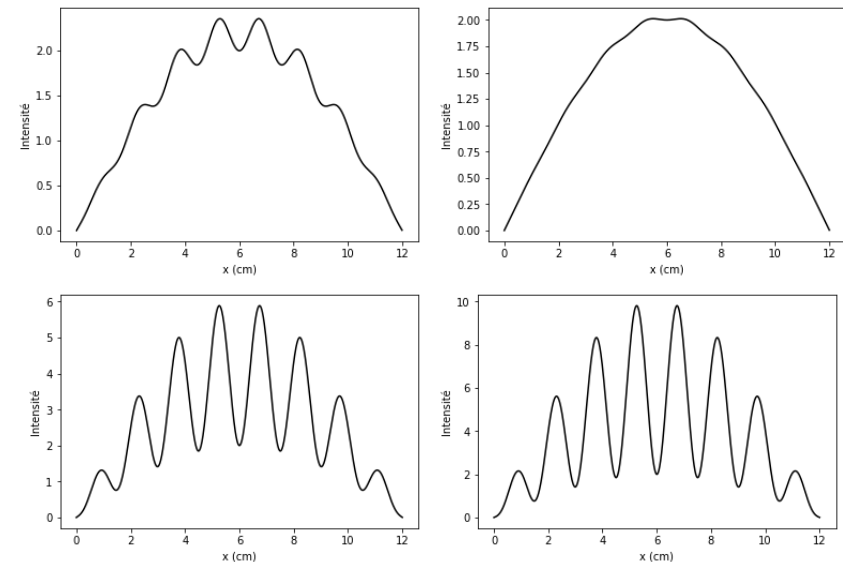


Fig. 31 – Intensité pour différentes largeurs de la source

Les fentes ne sont plus infiniment fines mais présente une largeur  $\epsilon$ . D'après les graphes, déduire la valeur de la distance entre les fentes, notée  $a$ , ainsi que la largeur des fentes  $\epsilon$ ?

### 224 – Moteur ditherme avec conduction (Cailhol2-2019-Roquebert-Vuillermoz)

- Rappeler ce qu'est un cycle de Carnot et son rendement.
- Expliquer pourquoi ce moteur idéal a une puissance nulle
- On a le cycle réversible figure 32 :

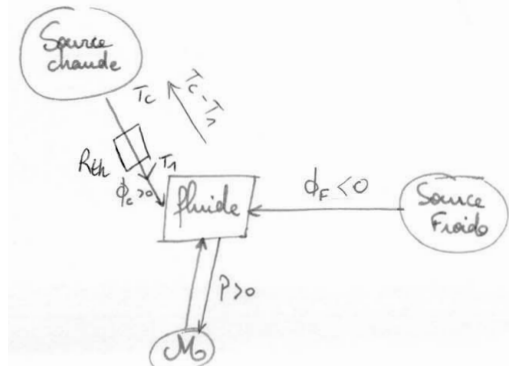


Fig. 32 - Cycle réversible

- >  $T_2 = T_f$
- > On reçoit  $\phi_c$ ,  $\phi_f$  et on cède  $P$ .
- > On a  $T_1 < T_c$  car on a une résistance thermique  $R_{th}$ , la température  $T_1$  est ajustable.

- a. En régime stationnaire déterminer la relation entre  $\phi_c$ ,  $\phi_f$  et  $P$ .
- b. Sur ce cycle réversible déterminer la relation entre  $\phi_c$ ,  $\phi_f$ ,  $T_1$ ,  $T_2$ .
- c. Exprimer  $P$  en fonction de  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_c$ ,  $R_{th}$ .
- d. Montrer que  $P_{max} = G_{th}(\sqrt{T_c} - \sqrt{T_f})^2$  (méthode expliquée à l'oral)
- e. Tracer graphe de  $P$  en fonction du rendement et conclure (pas le temps de la faire).

### 225 - Filtre ADSL (Carbonneau1-2019)

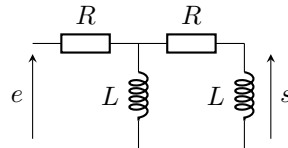


Fig. 33 - Filtre ADSL

- Montrer que la fonction de transfert peut se mettre sous la forme :  $\frac{s}{e} = \frac{1}{1 - \frac{1}{x^2} - j\frac{3}{x}}$ .

Identifier  $\omega_0$ .

- Tracer le diagramme de Bode en gain en fonction de  $\log(x)$ . Exprimer  $\omega_c$  en fonction de  $\omega_0$ .

Les signaux transmis par une ligne téléphonique utilisent une très large gamme de fréquences, divisée en deux parties : les signaux téléphoniques (transmettant la voix) utilisent les fréquences de 0 à 4 kHz alors que les signaux informatiques (internet) utilisent les fréquences de 25 kHz à 2 MHz.

- Quelle fréquence de coupure choisir pour récupérer uniquement le signal internet?

- Avec  $L = 4$  mH, calculer la valeur  $R$ ?

### 226 - Miroirs dans de l'eau (Carbonneau2-2019)

On considère une source ponctuelle monochromatique placée en  $F$ , foyer objet de la première lentille. L'observation se fait en  $F'$ , foyer image de la seconde lentille où l'on a placé un capteur. Sur le chemin, les deux rayons rencontrent deux miroirs placés dans un milieu transparent d'indice  $n$ .

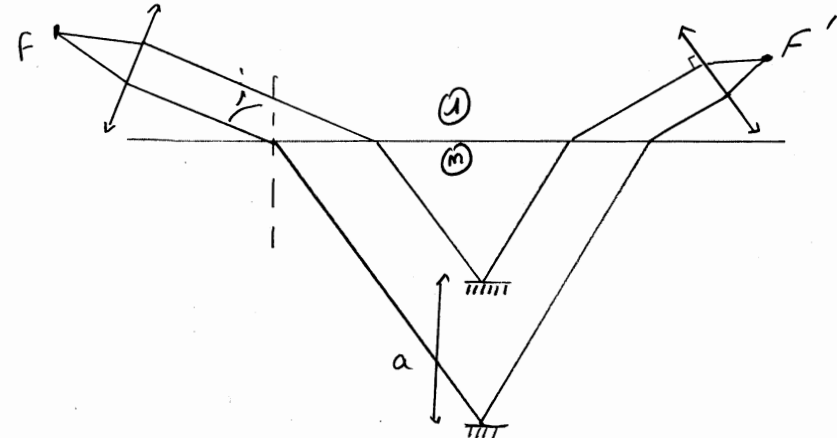


Fig. 34 - Miroirs dans de l'eau

- Calculer  $\delta$  en fonction de  $n$ ,  $a$  et  $i$ .
- Le milieu n'est pas totalement transparent, on a donc  $I = I_0 e^{-d/\ell_0}$  avec  $d$  : distance parcourue dans le milieu et  $\ell_0$  : distance caractéristique du milieu.
  - a. Exprimer  $\Delta$  la différence de distance parcourue par les rayons dans le milieu.
  - b. Exprimer l'intensité en  $F'$ .
- a. Á quelle condition peut-on négliger la variation d'intensité?
  - b. En supposant la condition satisfaite, Quelle est la plus petite distance  $a$  telle que l'intensité en  $F'$  soit nulle?

### 227 - Précipitation des ions argent (Chapou1-2019)

On dispose d'un bécher de volume  $V = 100$  mL d'une solution de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  de concentration  $C = 10^{-2}$  mol·L<sup>-1</sup>.

On verse des cristaux de nitrate d'argent  $\text{AgNO}_3$  parfaitement solubles. On s'intéresse à la masse maximale de nitrate d'argent que l'on peut versée avant apparition d'un précipité. Donner cette masse. *Données* :

- >  $K_s(\text{Ag}_2\text{SO}_4) = 10^{-4,8}$
- >  $M(\text{Ag}) = 108$  g·mol<sup>-1</sup>

- $M(\text{N}) = 14 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$
- $M(\text{O}) = 16 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

### 228 – Soupape magnétique (chapou2-2019)

On étudie un système de soupape magnétique qui s'intègre sur des moteurs thermiques (admission, refoulement).

1. Soit un solénoïde d'axe  $z$  :  $\vec{B} = \vec{B}_r(r, z) + \vec{B}_z(r, z)$ .  
Tracer les lignes de champ pour un solénoïde de taille finie en précisant le sens du courant.  
Tracer l'évolution des normes  $B_r$  et  $B_z$  selon  $z > 0$  avec  $z = 0$  le milieu du solénoïde.  
Quelle hypothèse pour avoir un solénoïde infini?  
Redémontre l'expression de  $\vec{B}$  pour un solénoïde infini.
2. On étudie la soupape : un solénoïde 2 de longueur  $L_2$ , de rayon  $R_2$ , de densité de spires  $n_2$  englobe partiellement un solénoïde 1 de longueur  $L_1$ , de rayon  $R_1 < R_2$ , de densité de spires  $n_1$ , figure 35.

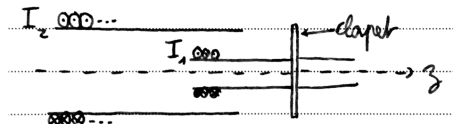


Fig. 35 – Soupape magnétique

- a. On considère  $I_1$  de même signe que  $I_2$ . Le solénoïde 1 est considéré comme un dipôle magnétique de moment dipolaire  $\vec{M}$  et contraint de se déplacer selon  $z$ . Montrer que 1 subit une force qui tend à faire fermer la soupape.  
On rappelle qu'un dipôle magnétique dans un champ  $\vec{B}$  extérieur possède une énergie potentielle  $E_p = -\vec{M} \cdot \vec{B}$
- b. Calculer la force de Laplace exercée sur une seule spire de 1.  
Calculer la force de Laplace exercée sur une longueur  $dL_1$  de 1.  
Calculer la force de Laplace exercée sur le solénoïde 1 et montrer qu'elle est proportionnelle au flux du champ  $\vec{B}_2$  à travers la surface latérale de 1.
- c. Calculer cette force dans le cas d'un solénoïde infini.

### 229 – Michelson en lame d'air (Chevalier1-2019)

1. Comment éclairer le système et comment observer les interférences sur un écran?
2. Sachant que pour  $e$  (écart entre les deux miroirs) on a une frange brillante au centre de l'écran, que l'on place un photorécepteur au milieu de l'écran qui peut détecter clairement une frange brillante au centre de l'écran si la seconde frange brillante a un rayon supérieur à 1 cm, déterminer  $e_{\text{max}}$  telle que le photorécepteur détecte correctement la frange brillante.

### 230 – Etude d'un condensateur (Chevalier2-2019)

On souhaite étudier la charge et décharge d'un condensateur de capacité  $C = 1 \mu\text{F}$  à l'aide d'une résistance  $R = 1 \text{ k}\Omega$  et un GBF.

1. a. Montage du système et branchement de l'oscilloscope.  
b. Quel type de signal doit fournir le GBF? A quelle fréquence?  
c. Quel doit être le temps caractéristique de l'oscilloscope?
2. Calculer  $T_x$ , qui correspond au temps pour atteindre  $x$  % de la valeur finale
3. (pas de souvenir)

### 231 – Atmosphère de Titan (Darrigo1-2019)

On utilise un modèle polytropique pour l'atmosphère de Titan :  $P(z)\mu^{-\alpha}(z) = P_0\mu_0^{-\alpha}$  avec  $P$  la pression,  $\mu$  la masse volumique,  $z$  l'altitude. On a aussi  $P_0 = P(0)$  et  $\mu_0 = \mu(0)$ .

1. À quoi correspondent les cas :  $\alpha = 0$ ,  $\alpha = 1$  et  $\alpha = \gamma = \frac{c_p}{c_v}$ .  
Questions en plus de l'examinateur :  
Pour chaque cas, est-ce que le modèle s'applique à la Terre?  
Ordres de grandeur pour la variation de pression en fonction de l'altitude? Et pour la température? Faites-vous de l'alpinisme?
2. a. Exprimer  $P(z)$  pour le cas  $\alpha = 1$  en fonction de  $P_0$  et  $T_0$ .  
b. Idem pour  $\alpha \neq 1$ .
3. On obtient le graphe 36. Peut-on valider le modèle  $\alpha = 1$ ? (à la fois en température, et en pression, et donner qualitativement la loi du graphique pour  $P(z)$ )

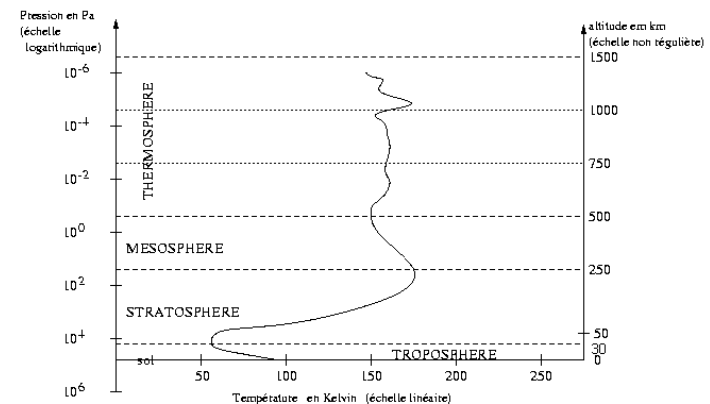


Fig. 36 – Évolution de la température sur Titan

### 232 – Une particule chargée et un fil (Darrigo2-2019)

Une particule chargée  $q$  de masse  $m$  a initialement une vitesse  $v_0$  orthogonale à  $(Oz)$ , et est située initialement à un rayon  $R$  d'un fil traversé par un courant constant  $I$  selon l'axe  $(Oz)$ .

1. Calculer  $\vec{B}$ .
2. Montrer que  $\vec{L}_{Oz}$  est une constante du mouvement.
3. Pas faite. Il fallait montrer une relation avec  $E_{\text{peff}}$ , comme il ne restait que deux minutes l'examinateur m'a demandé de lui dire d'où sortait le terme  $E_{\text{peff}}$ .

### 233 – Vélométrie Laser (Dauge1-2019)

Un laser, source supposée cohérente, de longueur d'onde  $\lambda$  émet deux faisceaux lumineux selon  $\vec{e}_1$  et un autre selon  $\vec{e}_2$ . Ils sont séparés d'un angle  $2\alpha$ . Les deux faisceaux lumineux sont d'intensité  $I_0$ .

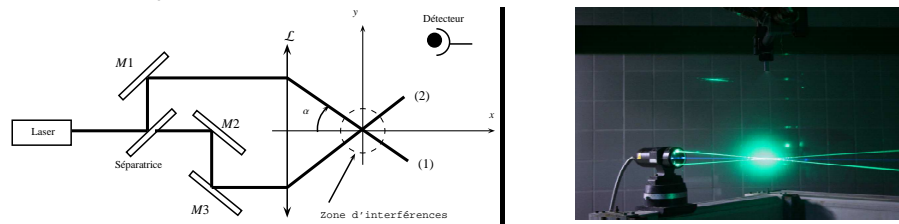


Fig. 37 – Vélométrie Laser

$$S_1(t) = a \cdot \cos(\omega t - \vec{k}_1 \cdot \vec{OM})$$

$$S_2(t) = a \cdot \cos(\omega t - \vec{k}_2 \cdot \vec{OM})$$

$$\vec{k}_1 = \frac{2\pi}{\lambda} \vec{e}_1$$

$$\vec{k}_2 = \frac{2\pi}{\lambda} \vec{e}_2$$

1. Déterminer l'intensité. Calculer l'interfrange et l'allure de figure d'interférence. Questions supplémentaires : comment établir la formule de Fresnel? Pourquoi calcule-t-on  $I = K \cdot a \cdot a$ ?
2. On fait circuler un fluide contenant des particules réfléchissantes selon  $Oy$  à une vitesse constante  $v$ . Le détecteur reçoit un signal périodique. Expliquer pourquoi? Sachant que  $f = 2 \text{ MHz}$ ,  $\alpha = 10^\circ$ ,  $\lambda = 514 \text{ nm}$ , calculer  $v$ .
3. Quelle doit-être la dimension des particules?
4. En réalité, la fréquence du signal de la photodiode n'est pas « unique » (je ne retrouve plus le bon terme) mais il y a un  $\delta f$ . Plus la largeur des faisceaux  $D$  est grande plus  $\delta f$  est grand : expliquez pourquoi?

### 234 – Vidange automatique (Dauge2-2019)

Le bassin est rempli d'eau. Il a une profondeur  $b$  selon  $z$ , hauteur  $h$  selon  $y$ . La partie en bas à droite peut pivoter en  $O$ . Le reste du bassin est fixe.

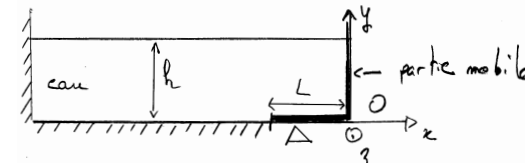


Fig. 38 – Vidange automatique

1. Calculer la pression dans le bassin.
2. La pression est-elle uniforme au fond du bassin.
3.
  - a. Calculer la résultante des forces de pression sur la partie mobile horizontale. On prendra en compte la force qu'exerce la pression atmosphérique.
  - b. Calculer le moment de cette force en  $O$
  - c. De même calculer le moment des forces de pression sur la partie verticale mobile en  $O$ .
4. Pour quelle hauteur  $h$  la partie mobile bascule? Question supplémentaire de l'examinateur : Physiquement, cela est-il cohérent?

### 235 – Spectroscopie à réseaux (Dousset1-2019 et Blasco2-2019)

On a un réseau de pas  $a$ , l'onde incidente arrive avec un angle  $i$ , on observe la sortie du réseau avec un angle  $i'$ .

On éclaire le réseau avec une lampe de longueurs d'ondes (en nm) 404,2; 430,2; 506,5; 602,4.

Le réseau possède 500 fentes par mm, on l'éclaire en incidence normale.

1. Faire un schéma du dispositif, et établir la formule fondamentale des réseaux. (question supplémentaire, comment on observe les rayons une fois passés les fentes? Comment on fait si on veut regarder avec l'œil?)
2. Donner la couleur correspondant à chaque longueur d'onde.
3. Combien de raies rouges sont visibles?
4. À partir de quel ordre a-t-on recouvrement de spectre?
5. Une dernière situation (éclairage avec une autre lampe) dont je ne me souviens plus, je n'ai pas fait la question correspondante.

### 236 – Lévitacion magnétique (Dousset2-2019 et Blasco2-2019)

On a un solénoïde d'axe  $z$ , de rayon  $b$ , les spires sont parcourues par un courant  $i = i_m \cdot \cos(\omega t)$ .

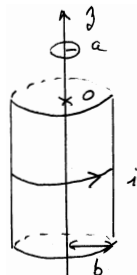


Fig. 39 – Lévitiation magnétique

On ajoute une spirale métallique de rayon  $a \ll b$  à une hauteur  $z = h$  (au dessus du solénoïde) de masse  $m$ , de résistance  $R$ , d'auto-inductance  $L$ . On admet que la spirale est soumise à la moyenne des forces qui s'appliquent sur elle.

Le champs  $\vec{B}$  du solénoïde s'écrit au niveau de la spirale :  $\vec{B} = -\frac{r}{2} \frac{dB_z}{dz} \vec{e}_r + B_z \cos(\omega t) \vec{e}_z$  avec  $B_z = \mu_0 n \frac{i_m}{2} (1 - \frac{z}{\sqrt{z^2 + b^2}})$ .

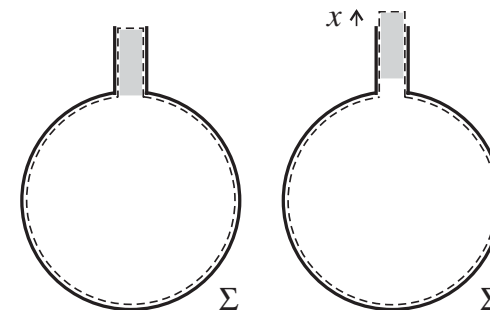
1. Dessiner les lignes de champs du solénoïde, invariances et symétries.
2. Donner le flux du champ  $\vec{B}$  dans la spirale et montrer à l'aide de la loi de Lenz (comprendre loi de Lenz-Faraday) que la spirale est parcourue par un courant  $I = I_m \cdot \cos(\omega t + \varphi)$ . Donner l'expression de  $I_m$  et de  $\varphi$ .

La spirale est soumise à une force de Laplace dont la moyenne s'écrit :  $\langle \vec{F} \rangle = -\frac{(\pi a^2)^2 \omega}{R^2 + L^2 \omega^2} B_z \frac{dB_z}{dz} \vec{e}_z$ . On admet que l'on peut écrire  $B_z = k \cdot I_m$  et  $\frac{dB_z}{dz} = k' \cdot I_m$  ( $k$  et  $k'$  des constantes)

3. Donner le signe de  $k$  et  $k'$ .
4. Donner  $I_m$  pour que la spirale soit en lévitation à la hauteur  $h$ .
5. À la fin il m'a demandé de retrouver la composante selon  $\vec{e}_r$  de  $\vec{B}$  en utilisant Maxwell-Flux.

### 237 – Résonateur de Helmholtz (Fourcade2-2019)

Un élève souffle légèrement au dessus du goulot d'une bouteille. Le flux d'air ne fait que entremanger le goulot de longueur  $L$  et de section  $\sigma$ . Dans ce goulot se trouve une masse  $m$  d'air de masse volumique  $\mu$ . On donne  $\gamma = \frac{c_p}{c_v}$ .



au repos en mouvement

Fig. 40 – Mouvement de l'air dans le goulot

La bouteille a un volume  $V$  sans le goulot.

- l'air contenu dans le conduit se déplace en bloc (comme si c'était un bouchon solide) d'une très petite longueur  $x$ , algébrique et comptée positivement vers l'extérieur du goulot.
- l'air contenu dans le résonateur n'a pas d'échange thermique avec l'extérieur.

On appelle  $P_0$  et  $T_0$  la pression et la température de l'air atmosphérique et  $P$  et  $T$  la pression et la température dans le résonateur (la bouteille).

1. Expliquer qualitativement pourquoi l'air contenu dans le goulot subit une force due au flux d'air et justifier son sens.
2. Pourquoi peut-on considérer la transformation adiabatique lors des oscillations?
3. On note  $x(t)$  la position du fluide. Déterminer l'équation de son mouvement sachant que le fluide contenu dans le goulot fait de petites oscillations selon  $\vec{e}_x$ .
4. Donner la fréquence propre  $f_0$  en fonction de  $\gamma$ ,  $\sigma$ ,  $c$  = racine( $P_0(\mu)/\rho$ )

L'élève place le goulot devant un microphone qui délivre une tension proportionnelle à la pression. On donne le bode suivant :

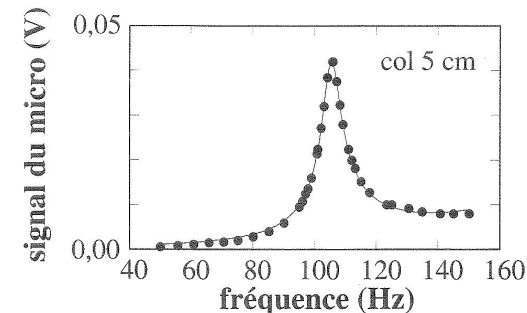


Fig. 41 – Diagramme de Bode du résonateur

5. Le bode proposé est-il en adéquation avec les résultats trouvés? Prendre en compte les frottements est-il cohérent avec les résultats trouvés?  
Déterminer le facteur de qualité  $Q$ .
6. Pas traitée et oubliée

### 238 – Mesure d'épaisseur (12-506-bis) (Fourcade2-2019)

On éclaire deux lames de verres qui forment un angle  $\epsilon = 0,1^\circ$ . Une de leur face est partiellement réfléchissante et l'autre transmet totalement la lumière. Les plaques sont considérées comme infiniment fines. Sur la plaque en verre du bas est posée la plaque fine de métal. Lumière monochromatique  $\lambda_0 = 532 \text{ nm}$  arrive sur la face extérieure de la plaque de verre du haut. L'incidence est quasi normale.

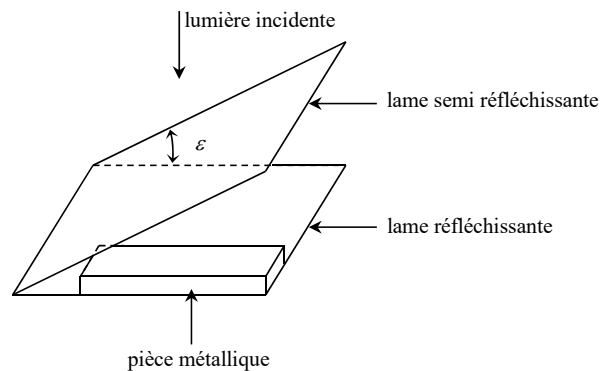


Fig. 42 – Schéma de principe

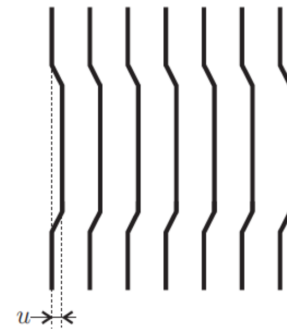


Fig. 43 – Franges observées sur l'écran

Au voisinage des miroirs, on observe des franges non rectilignes en forme de S, elles sont « décrochées », « déviées ». Les franges sont observées sur un écran placé à 50 cm d'une lentille convergente de distance focale  $f' = 10 \text{ cm}$  servant à projeter. Elles sont représentées sur la partie droite de la figure 43

- Justifier que les franges soient rectilignes. Où se situent les interférences?
- Calculer l'interfrange  $i$  observé sur l'écran dans la zone où la pièce métallique est absente en fonction de  $\lambda_0$ ,  $\epsilon$  (en degré) et  $\gamma$  (grandissement de la lentille). Faire l'application numérique pour  $i$ .
- Expliquer ce que l'on observe sur l'écran (présence du décroché) et calculer l'épaisseur  $e$  de la plaque de métal en fonction de  $\lambda_0$ ,  $\epsilon$  (en degré),  $\gamma$  (grandissement de la lentille) et  $u$  (valeur du décroché, cf fig. 43). Application numérique dans le cas  $u = 0,31 \text{ mm}$ .
- Justifier l'allure de la figure observée à l'écran si on remplace l'air par de l'eau. Préciser ce qui est modifié et ce qui ne l'est pas.
- Justifier l'allure de la figure observée à l'écran si on augmente l'angle  $\epsilon$ . Préciser ce qui est modifié et ce qui ne l'est pas.

### 239 – Évolution thermique (Gombeau1-2019)

On donne  $\lambda_{\text{terre}} = 500 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ . La température évolue selon la loi  $T(z) = -az^2/2 + bz + c$  avec  $a = 3,103$  et  $b = 1$ , avec  $z$  orienté vers le bas. On a  $T(z=0) = 20^\circ\text{C}$ . On donnait aussi un graphe (pas très utile) de  $T(z)$ .

- Rappeler la loi de Fourier et préciser le sens du transfert thermique dans la terre? Quelle est la puissance surfacique à la surface de la terre? Quelle est la puissance surfacique à la profondeur  $z$ ?
- Par un bilan enthalpique à une tranche infinitésimale, montrer qu'il y a une puissance volumique produite. Quel est le nom de ce phénomène?
- On fait passer de la boue dans un échangeur relié à une machine thermique. La boue entre à  $180^\circ\text{C}$  et sort à  $60^\circ\text{C}$  avec un débit massique de  $40 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$ . Quelle est la puissance thermique de la machine? (il m'a demandé de commenter le signe)
- La machine thermique est un moteur relié à une source froide de température  $6^\circ\text{C}$ . Calculer la puissance du moteur en supposant le cycle réversible et que la température  $T_c = 60^\circ\text{C}$ . La capacité thermique massique de la boue est considérée égale à celle de l'eau  $c = 4,2 \text{ kJ}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ .

### 240 – Synthèse de l'aluminium (Gombeau2-2019)

On a un électrolyseur constitué d'une solutions d'ions  $\text{Al}^{3+}$ . On donne les valeurs des potentiels standards des couples de l'eau,  $E^\circ(\text{Al}^{3+}/\text{Al}) = -1,70 \text{ V}$  et  $M(\text{Al}) = 27 \text{ g/mol}$ .

- Faire le schéma du montage. Quelles sont les réactions possibles? En appliquant une tension suffisante à la pile, quelle réaction se produit (il m'a demandé le nom de la réaction)? Quelle est cette tension minimale?
- A quelle condition sur la cinétique peut-on synthétiser de l'aluminium? Quelle est alors la tension du générateur?
- On suppose que la réduction de l'eau n'a pas lieu, on a des surtensions anodiques et cathodiques, respectivement de  $0,9\text{V}$  et  $-0,2\text{V}$ , ainsi qu'une chute ohmique de  $5\text{V}$ . En appliquant un courant d'intensité  $200\text{kA}$  à l'électrolyseur, quelle masse d'aluminium peut-on produire en 24 heures? Quelle est l'énergie nécessaire pour fabriquer un kilo d'aluminium?
- Pas dans l'énoncé, mais il m'a demandé si j'avais quelque chose à ajouter. J'ai parlé de la réaction parasite avec l'eau, il avait l'air satisfait.

### 241 – Haut-parleur (Heaulme1-2019)

On a un haut parleur qui est composé d'un aimant permanent qui crée un champ radial  $B$  et d'une bobine de  $N$  spires parcourue par un courant  $I$  sur laquelle est fixée une membrane.

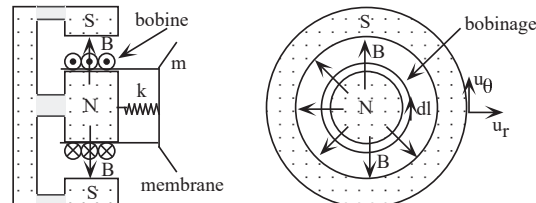


Fig. 44 – Schéma du haut-parleur

- le rayon de l'aimant et de la bobine (rayon intérieur) valent  $a$ ,
- la bobine est soumise à une force de frottement fluide de coefficient  $h$  proportionnelle à la vitesse,
- l'ensemble {bobine + membrane} solidaire a une masse  $m$ ,
- l'aimant et la bobine sont reliés par un ressort de raideur  $k$ ,
- la bobine est d'inductance  $L$  et de résistance interne  $R$ ,
- , le haut parleur est alimenté par une source de tension  $u(t)$ .

1. Écrire l'équation électrique régissant le système.

NB : On pourra considérer la bobine comme étant un rail de Laplace enroulé sur lui-même = on le déplie, c'est donc une barre et on referme par une partie fictive située à  $(\ell_0 + z)$ . Description pas terrible...

2. Écrire l'équation mécanique du système.

NB : On choisira l'origine du système de telle sorte à ne pas faire apparaître la longueur à vide du ressort.

3. Exprimer  $\frac{U}{I}$ .

4. On fixe un miroir (dont on néglige la masse) sur la membrane. À l'aide d'un montage du type Michelson coin d'air + laser + capteur CCD, proposer une méthode permettant de suivre la position de la membrane.

### 242 – Étoile double (Heulme2-2019)

On réalise un montage avec une source ponctuelle, deux trous d'Young, une lentille convergente et un écran dans le plan focal de la lentille.

1. Faire un schéma du montage et détailler le calcul de la différence de marche. Calculer l'éclairement reçu en un point  $M$  de l'écran.

2. On éclaire maintenant les trous d'Young avec une étoile double. Les étoiles sont séparées d'un angle  $\alpha$ . Calculer l'éclairement.

NB : Pour simplifier le problème, on considérera qu'une des deux étoile éclaire les trous d'Young avec une incidence normale.

3. Proposer un méthode expérimentale permettant de trouver  $\alpha$ .

### 243 – Étoile double (12-110)

Avec un télescope dont l'objectif est assimilable à une lentille mince de distance focale  $f$ , on observe une étoile double (donc deux étoiles) émettant une lumière quasi-monochromatique de longueur d'onde  $\lambda$ , cf figure 45.

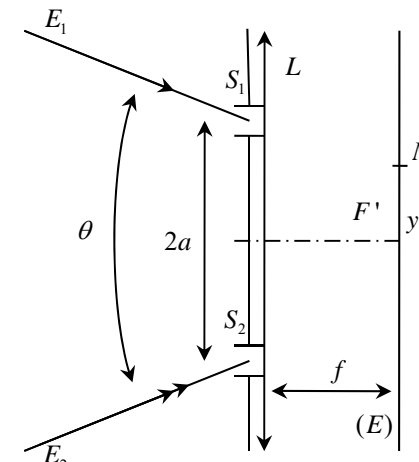


Fig. 45 – Télescope qui observe une étoile double

On colle à l'objectif un écran opaque percé de deux fentes infiniment fines et parallèles  $F_1$  et  $F_2$  distantes de  $2a$ . Les deux composantes  $E_1$  et  $E_2$  de l'étoile double ont la même intensité, et sont symétriques par rapport au plan bissecteur de  $F_1F_2$ , et vues sous l'angle  $\theta$  (petit).

1. Les sources sont-elles cohérentes?
2. Calculer l'intensité lumineuse dans le plan focal de l'objectif.
3. La distance  $a$  peut varier. À la première annulation de la visibilité on mesure la valeur  $a_1$  (correspondant au premier brouillage), et montrer qu'on peut alors en déduire la valeur de  $\theta$ . Retrouver ce résultat en utilisant le critère de visibilité.

Données :  $\cos p + \cos q = 2 \cos \frac{p+q}{2} \cos \frac{p-q}{2}$

### 244 – Ionosphère (Lahens1-2019)

Un plasma est un gaz ionisé, constitué par des ions positifs (charge  $e$ ) et des électrons (charge  $-e$ , masse  $m$ ). Ce gaz est dilué, ainsi toutes les interactions entre charges sont négligées (elles sont libres en l'absence de tout champ). Le plasma est "froid", c'est-à-dire qu'on ignore toute agitation thermique des particules. En l'absence de champ, il y a  $n$  ions et  $n$  électrons par unité de volume. Les ions sont beaucoup plus lourds que les électrons.

1. On modélise la ionosphère comme un plasma. Faire un PFD à des électrons et des protons de masse  $m$  et  $M$  dans un milieu neutre et exprimer la conductivité en fonction

des données. Pour cette question uniquement on néglige l'influence du champs  $\vec{B}$ . Il y a un champ  $\vec{E} = \vec{E}_0 \exp(j\omega t)$ .

- Démontrer la relation de dispersion pour une OPPH.
- Trouver la relation de dispersion dans le cas de la première question.
- Montrer que la ionosphère admet une fréquence de coupure.
- Non traitée (sûrement des AN).

### 245 – Noyau d'atome (Lahens2-2019)

On considère un noyau atomique.

- Il possède un moment cinétique  $\vec{L}$ , un moment magnétique  $\vec{M} = \gamma \cdot \vec{L}$  proportionnel au moment cinétique.
- Il est soumis à un moment  $\vec{M} \wedge \vec{B}$  (champ  $\vec{B}$  selon  $\vec{u}_z$ )

- Appliquer le théorème du moment cinétique et montrer que la norme de  $\vec{M}$  est constante.
- Montrer que la projection de  $\vec{M}$  selon  $z$  est constante.
- Pas d'infos sur la suite...

### 246 – Chauffage d'un ballon (Leger1-2019)

Il s'agissait de l'étude d'une pompe à chaleur dont la source chaude est un ballon d'eau chaude de 200 L (de température variable) et la source froide est l'air d'une cave à 10 °C. La pompe était en fonctionnement de 22 h à 6 h (pendant les heures creuses pour payer moins cher). La capacité thermique de l'eau est  $c = 4,18 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ .

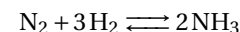
- Schéma synoptique de la pompe à chaleur. Puis schéma des flux d'énergies avec les signes des flux. Calcul du rendement dans le cas réversible.  
Le rendement réel est deux fois inférieur au rendement idéal. Calcul du rendement réel. Commentaire. Est-ce-normal?

Il y a des pertes énergétiques au niveau du ballon. La puissance perdue au niveau du ballon est de la forme  $G(T_{\text{ballon}} - T_{\text{air}})$  avec  $G = 1,0 \text{ USI}$

- Le ballon est de classe A au niveau énergétique si l'énergie perdue est inférieure ou égale à 1,05 kWh par 24h.
  - Le ballon est-il de classe A?
  - On considère que la température du ballon est de 60 °C à 6h. Quelle est la température du ballon à 22h?
  - Déterminer l'équation différentielle sur la température lors du chauffage avec une puissance  $P$ .

### 247 – Synthèse de l'ammoniac (Leger2-2019)

On considère l'équilibre :



toutes les espèces étant gazeuses. On donne un extrait des tables :

Espèces	$\Delta_f H^\circ$	$S^\circ$
N <sub>2</sub>		191,5
H <sub>2</sub>		130,6
NH <sub>3</sub>	-45,9	192,7

On rappelle que l'état standard (donnée par les tables) correspond à  $T_0 = 298 \text{ K}$  et  $P^\circ = 1 \text{ Bar}$ , et que la constante des gaz parfaits vaut  $R = 8,314 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$ . Les  $\Delta_f H^\circ$  sont en kJ/mol les  $S^\circ$  sont en  $\text{J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$ .

- Donner les enthalpies standards de formation du dihydrogène et de l'azote
- Calcul de l'enthalpie standard de réaction. Commentaire.  
Pareil pour l'entropie standard de réaction. Commentaire
- Quels paramètres ont une influence sur la réaction? Quelles influences ont-ils? Comment synthétiser au mieux l'ammoniac? Pourquoi les industriels se placent-ils à haute température? Comment redémontrer la loi de modération de Le Chatelier et Van't Hoff?

### 248 – Onde guidée (Martin1-2019)

Soit une onde  $\vec{E} = E_0 \sin(\pi \frac{x}{a}) \exp[j(\omega t - kz)] \vec{u}_y$ , avec  $E_0$  et  $a$  constants.

- L'onde est-elle progressive? Plane? Quelle est sa polarisation?
- Déterminer l'équation de propagation, donner une relation entre  $k$  et  $\omega$ . En déduire une condition pour que l'onde existe.
- Calculer le champ  $\vec{B}$ .
- Calculer le vecteur de Poynting. Y-a-t-il de l'énergie et si oui, dans quelle direction se propage-t-elle?

### 249 – Recuit d'une pièce (Martin2-2019)

Le recuit d'une pièce métallique ou d'un matériau est un procédé correspondant à un cycle de chauffage. Celui-ci consiste en une étape de montée graduelle en température suivie d'un refroidissement contrôlé. Cette procédure, courante en sciences des matériaux, permet de modifier les caractéristiques physiques du métal ou du matériau étudié. Cette action est particulièrement employée pour faciliter la relaxation des contraintes pouvant s'accumuler au cœur de la matière, sous l'effet de contraintes mécaniques ou thermiques, intervenant dans les étapes de synthèse et de mise en forme des matériaux. À l'occasion d'un recuit, les grains (mono-cristaux) de matière se reforment et retrouvent en quelque sorte, leur « état d'équilibre ».

Le recuit est également utilisé pour changer les propriétés magnétiques d'une pièce.

On a une pièce carrée de côté  $a$ , de température  $T$ , de masse volumique  $\rho$ , de capacité thermique  $c$ , et de conductivité thermique  $\lambda$ . On la transporte dans un four, pour qu'elle chauffe, sur un tapis de longueur  $L$  à une vitesse  $V_0$ . On veut qu'en sortie du four elle soit à la température  $T_M$ . L'air est à la température  $T_a$ . (Je n'ai pas bien compris parce qu'au final on trouvait  $T_a$  en température finale et à aucun moment  $T_M$ )

- 1<sup>ère</sup> modélisation : On modélise les échanges thermiques par un flux surfacique entre l'air et la pièce sous la forme :  $\phi = h(T - T_a)$ .  
Exprimer la température  $T(t)$  de la pièce.  
Trouver le temps caractéristique pour obtenir  $T_M$ , la température maximale.  
En déduire la vitesse  $V_0$  sous la forme  $V_0 \propto a^\alpha$ . Donner  $\alpha$ .
- 2<sup>ème</sup> modélisation : On modélise maintenant par de la conduction.  
Déterminer l'équation de la chaleur pour un barre unidirectionnelle de longueur  $\ell$ .  
Trouver le temps caractéristique en fonction de  $\ell$ . En déduire la vitesse  $V'_0$  sous la forme  $V'_0 \propto a^\beta$ . Donner  $\beta$ .
3. Déterminer une inéquation entre  $h$ ,  $\lambda$  et  $a$ .

### 250 – Ressort (Maurell-2019)

Une masse mobile accrochée à un ressort de raideur  $k$ , longueur à vide  $\ell_0$ . On considère les frottements de l'air  $\vec{f}_r = -\lambda \vec{v}$ , le poids (orienté selon  $x$  positif ici, voir schéma 46), et la force de rappel du ressort. La masse est lâché sans vitesse initiale à l'instant  $t = 0$  en  $x_0$ .

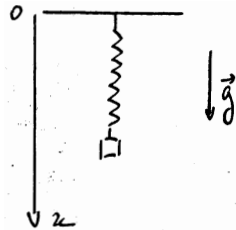


Fig. 46 – Masse accrochée à un ressort

1. Exprimer  $X_{eq}$ .
2. Exprimer l'équation différentielle du mouvement, la mettre sous forme canonique  $\ddot{x} + \frac{\omega_0}{Q} \dot{x} + \omega_0^2 x = \omega_0^2 X_{eq}$ . Identifier les expressions de  $\omega_0$  et  $Q$ .
3. Condition sur  $Q$  pour régime sinusoïdal amorti. Démonstration de ce résultat. Résoudre l'équation différentielle dans ce cas.
4. On donne  $m = 50$  g et  $\Delta t$  de 0,1 s le temps au bout duquel  $x$  est à 1% de sa valeur finale. On donne  $N = \alpha \cdot Q$ , représentant le nombre d'oscillations, montrer que  $\alpha$  était de l'ordre de l'unité dans le cadre de nombreuses oscillations.
5. On a passé cette question. C'était une question sur Epsilon =  $(T - T_0)/T_0$  je crois

### 251 – Michelson en lame d'air (Maurel2-2019)

Michelson classique lame d'air avec source ponctuelle.

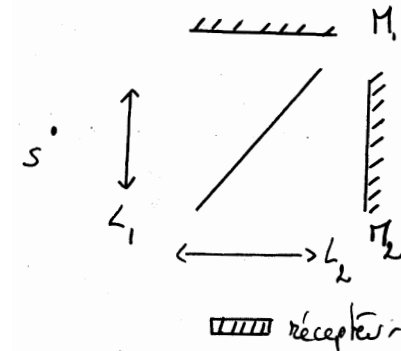


Fig. 47 – Michelson en lame d'air

La source ponctuelle est dans le foyer d'une lentille convergente. Il y a un récepteur au niveau de l'écran, dans le foyer d'une lentille convergente.

1. Expression de la différence de marche. C'était mal demandé, mais il fallait DEVINER que c'était dans le cas général et non pas uniquement en incidence normale.
2. Expression de l'éclairement.
3. Maintenant,  $i = 0$ ; le miroir mobile se déplace à une vitesse  $V$  constante. Prouver que l'éclairement varie sinusoïdalement au centre de l'écran quand le miroir se déplace horizontalement. Trouver la période de variation de l'éclairement au niveau du récepteur lors du déplacement. (En fait, ils parlaient de "tension" car la tension était l'image de l'éclairement)
4. Question non traitée. La source émettait maintenant deux longueurs d'onde séparées de  $\delta\lambda$ . En déplaçant le miroir, on trouvait un battement  $T$  dans l'éclairement, et il fallait l'utiliser pour trouver  $\delta\lambda$ !

### 252 – Etude d'un condensateur cylindrique (Prada1-2019)

Soit un condensateur cylindrique composé de deux armatures cylindriques (rayon  $a$  et  $b$ ,  $a < b$ ). On néglige les effets de bords. L'armature  $a$  est portée au potentiel  $V_1$  et la  $b$  au potentiel  $V_2$ .

Donnée : Laplacien en cylindrique  $\Delta = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \frac{\partial}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2}{\partial \theta^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$

1. De quelle(s) variable(s) dépend  $V(M)$ ? Quelle équation vérifie-t-il?
2. Calculer  $V(M)$  puis  $\vec{E}(M)$ .
3. On considère un électron se déplaçant dans le condensateur,  $m = 9,1 \cdot 10^{-31}$  kg. On voudrait qu'il ait une trajectoire circulaire de rayon  $R = (a + b)/2$ . Donner alors la vitesse

de l'électron.

- Donner la longueur d'onde de l'électron sachant que :  $V_1 = 1000 \text{ V}$ ,  $V_2 = 0 \text{ V}$ ,  $a = 1 \text{ cm}$ ,  $b = 2 \text{ cm}$ . Conclusion. (je comprends comme donner la longueur d'onde de l'onde électromagnétique émise par l'électron)

### 253 – Etude d'un réservoir (Prada2-2019)

Soit un réservoir fermé de surface  $S = 1 \text{ m}^2$  de hauteur 1 m contenant à l'origine 90 cm d'eau le reste étant de l'air à  $P = 1 \text{ bar}$ .

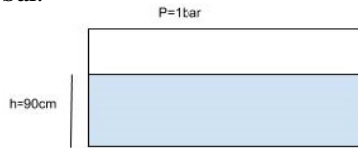


Fig. 48 – Étude d'un réservoir

- On ouvre par erreur un robinet situé en bas du réservoir. Trouver la hauteur d'eau à l'équilibre sachant que la température du système est considérée constante à  $40^\circ\text{C}$ .
- Donner les forces de pressions s'appliquant à la paroi de droite du réservoir.

### 254 – Étude d'un four sphérique (Sendou1-2019)

Au centre d'un four sphérique, une sphère de rayon  $R_1$  avec du charbon à  $900 \text{ K}$ , une épaisseur d'air, et une troisième couche conductrice de rayon  $R_2$  à  $300 \text{ K}$ , (pas de schéma fourni)  $\Phi_{surf} = h(T_i - T_a)$

- Trouver l'équation satisfaite par  $T(x, t)$  pour un problème à une dimension. Comment la généraliser en 3 dimensions? Donner un ordre de grandeur de  $\lambda_{\text{air}}$ .
- Trouver  $T(r)$  pour le four en régime permanent (le laplacien en sphérique était donné :  $\Delta = \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left( r^2 \frac{\partial}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2 \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \left( \sin \theta \frac{\partial}{\partial \theta} \right) + \frac{1}{r^2 \sin^2 \theta} \frac{\partial^2}{\partial \varphi^2}$ ).
- Définir  $\Phi_{surf}$ , comment le nomme-t-on? Calculer  $R_{th,eq}$  du four.
- Inexploitable!

### 255 – Bateau dans l'eau (Sendou2-2019)

- Démontrer la relation fondamentale de la statique des fluides dans le champ de pesanteur.
- Donner la relation de Bernoulli et ses conditions d'application.
- Le bateau de masse  $m$  flotte sur l'eau et est à l'équilibre statique dans une faible hauteur d'eau  $H$ . Calculer  $h$ .

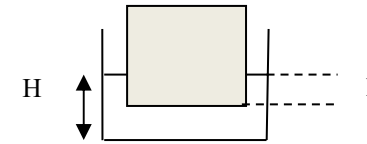
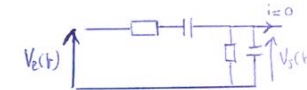


Fig. 49 – Bateau dans l'eau

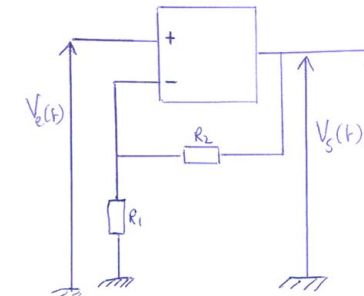
- Quand la vitesse augmente, le bateau s'enfonce dans l'eau. Pourquoi?

### 256 – Oscillateur quasi-sinusoïdal (Stephan1-2019)

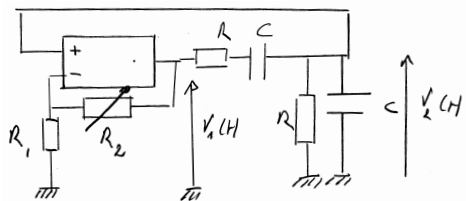
- Justifier la cohérence en basses et hautes fréquence de la fonction de transfert d'un passe-bande.



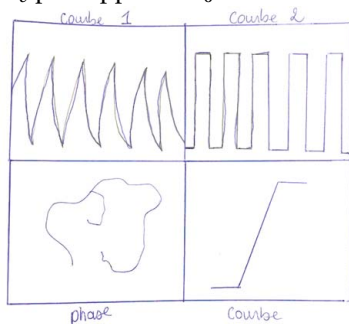
- On a pour  $f_0 = 1,16 \text{ kHz}$ , l'amplitude de sortie qui vaut un tiers de l'amplitude d'entrée et pas de déphasage. En déduire des grandeurs caractéristiques.
- On a en  $f_1 = 0,46 \text{ kHz}$  et  $f_2 = 3,94 \text{ kHz}$  un déphasage qui vaut  $\pm 45^\circ$ . En déduire la grandeur caractéristique restante.
- En supposant le fonctionnement linéaire, déterminer le gain  $G_0$ . Quelle est la condition sur  $V_e(t)$  pour avoir un ALI en fonctionnement linéaire?



- En traitant les deux cas fonctionnement linéaire et non linéaire, déterminer l'équation différentielle vérifiée par  $V_2(t)$ . Pour quelle valeur  $G_c$  du gain  $G_0$  a-t-on des oscillations harmoniques? Que dire si  $G > G_c$ ?



6. Déterminer qui représente  $V_2(t)$  et  $V_1(t)$  entre la courbe 1 et la courbe 2. Que représente la courbe 3? Comment est  $G_c$  par rapport à  $G_0$ ?



### 257 – Oscillation d'une molécule (Stephan2-2019)

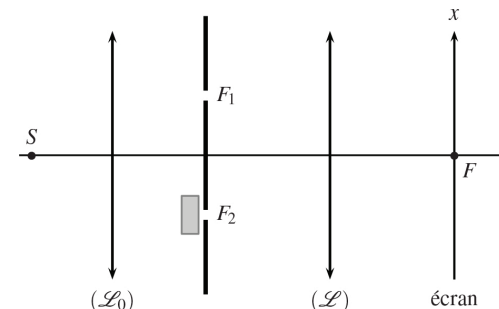
On a une molécule polaire A-B avec  $m_A \gg m_B$ . L'énergie potentielle de cette molécule est :

$$U(r) = \frac{\alpha}{r^n} - \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r}, \quad n \text{ est à peu près égal à } 10, \alpha > 0$$

1. Que représentent les deux termes? Tracer  $U$  en fonction de  $r$ .
2. L'énergie potentielle est à l'équilibre pour  $r = r_0$ . Déterminer  $\alpha$ .
3. Déterminer l'énergie de dissociation en fonction de  $e, n$  et  $r_0$ .
4. Donner la pulsation  $\omega_0$  des oscillations au voisinage de l'équilibre. AN : on donne  $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ SI}$

### 258 – Mesure d'indice du verre (Tissier1-2019)

On considère le dispositif des fentes d'Young en lumière monochromatique avec observation dans le plan focal image d'une lentille  $\mathcal{L}$ , la source  $S$  étant placée au foyer objet d'une lentille  $\mathcal{L}_0$ .



On a  $f'_1 = f'_2 = 50 \text{ cm}$  et  $a = 1 \text{ mm}$ . La lumière est monochromatique de longueur d'onde  $\lambda_0 = 600 \text{ nm}$  de source  $S$ .

1. La lame de verre n'est pour le moment pas présente. Trouver l'expression de la différence de marche.
2. Déterminer l'intensité  $I(M)$ , définir la nature des franges et exprimer l'interfrange  $i$ .
3. On place maintenant la lame de verre d'épaisseur  $e$  devant un des trous. On note  $x'_0$  la position de la frange  $p = 0$ . Trouver l'expression de  $x'_0$ .
4. La source  $S$  émet maintenant de la lumière blanche. L'indice du milieu de la lame de verre varie en fonction de la longueur d'onde suivant une loi telle que  $n = A + \frac{B}{\lambda^2}$  où  $A$  et  $B$  sont des constantes)  
On appelle position achromatique  $x_a$  la position sur l'écran telle que  $\frac{\partial p}{\partial \lambda} = 0$  pour  $\lambda = \lambda_0$ . Trouver  $x_a$ .
5. Avec la lame de verre on s'est déplacé de 80 franges. Retrouver l'expression de  $n$ .

### 259 – Freinage magnétique (Trollet1-2019)

On considère un conducteur cylindrique de longueur  $H$  de rayon  $R$  ( $H \gg R$ ), tournant selon un angle  $\theta(t)$  dans un champ magnétique  $\vec{B} = B \cdot \vec{e}_x$  qui constitue un frein magnétique monté sur un camion.

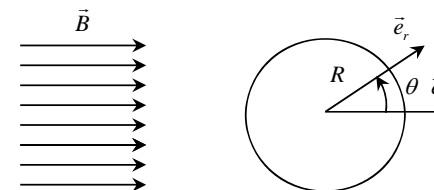


Fig. 50 – Rotation d'un cylindre dans un champ magnétique

On donne

- > La densité de courant induit  $\vec{j} = \gamma r \omega \vec{e}_\theta \wedge \vec{B}$
- > La force élémentaire de Laplace sur un volume élémentaire  $d\vec{F} = \vec{j} \wedge \vec{B} d\tau$

1. Expliquer l'apparition d'un courant dans le conducteur.

- Calculer les composantes de  $\vec{j}(M)$ , puis  $I$  total.
- Calculer  $d\vec{F}$  puis  $d\vec{M}$  (moment de  $d\vec{F}$  en  $O$ ).
- Justifier que le conducteur n'est soumis qu'à un couple pur de norme  $M$  à calculer
- Est-ce que ce frein magnétique est suffisant à arrêter le camion?

### 260 – Modèle de Thevenin (Trollet2-2019)

On donne figure 51 la caractéristique d'une batterie.

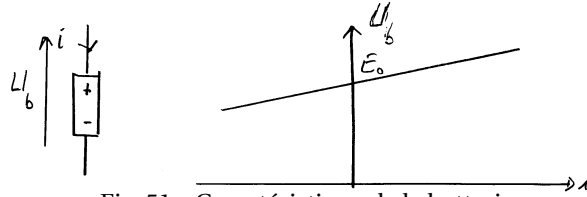


Fig. 51 – Caractéristique de la batterie

- Donner le modèle de Thévenin de la batterie
  - En quel mode (I ou II) la batterie est-elle en mode générateur?

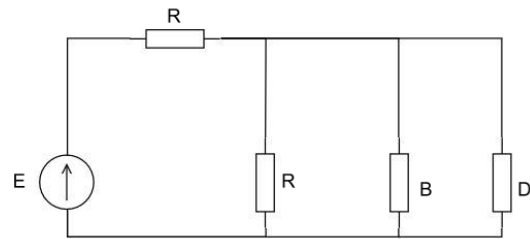


Fig. 52 – Montage utilisant la batterie

$D$  est un dipôle considéré parfait, dans lequel le courant est nul.

$U$  est la tension aux bornes de  $D$ .

$B$  est une batterie de résistance propre  $r_2$ , de tension  $E_2$ .

$$E = E_0 \pm \Delta E$$

- Justifier l'invariance de  $U$  si l'on retire  $D$  du circuit.
  - Exprimer  $U$  en fonction de  $E$ ,  $R$ ,  $r_2$  et  $E_2$ .
  - $U_0$  si  $E = E_0$ ?
  - Exprimer  $\Delta U$ .

### 261 – Etude d'un compresseur industriel (Venereau1-2019)

- On a une transformation réversible d'un gaz parfait avec  $\delta Q = adH$ ,  $a$  étant une constante. Montrer que l'on a la loi  $PV^k = \text{cst}$  avec  $k$  vérifiant l'équation  $\frac{k}{k-1} = \frac{\gamma}{\gamma-1}(1-a)$ . On suppose maintenant une compression de l'air. On a  $T_e = 300$  K,  $P_e = 1$  bar et  $P_s = 8$  bar et une puissance de 1,5 kW. Les transformations sont supposées adiabatiques.

- Si la transformation est réversible, que vaut  $T_s$ ?
- $T_s \approx 600$  K, pourquoi peut-on affirmer qu'il y a irréversibilité? Tracer dans un diagramme  $(T, S)$  la transformation en représentant les deux isobares.

Ici les transformations ne se sont plus adiabatiques

- Calcul de  $k$ , en déduire le transfert thermique  $q$ , que représente-t-il pour la transformation réelle?
- Calculer le débit massique.

### 262 – Détecteur de métaux (Venereau2-2019)

On a  $\gamma = 10^{-5}$  S·m<sup>-1</sup>. Une onde arrive en incidence normale sur un métal qui occupe l'espace  $y < 0$ . L'onde est polarisée selon  $\vec{e}_z$ .

- Déterminer l'équation de propagation sans approximation pour le champ  $\vec{E}$  dans un métal. Trouver la relation  $k^2 f(\omega)$ , on suppose que les propriétés électriques et magnétiques sont les mêmes que dans le vide. Montrer alors qu'un des deux termes est négligeable devant l'autre dans le cas d'une onde de fréquence 1GHz.

Après développement limité on obtient  $\underline{k} = \frac{\omega}{c} - \frac{j}{\delta}$  avec  $\delta = \sqrt{\frac{2}{\mu_0 \omega \gamma}}$ .

- Montrer que la relation est homogène. Donner la forme de l'onde
- On envoie une onde de fréquence 1GHz. Trouver la profondeur telle que l'amplitude de l'onde transmise soit égale à  $\frac{1}{3}$  de l'amplitude de l'onde émise.

### 263 – Spectres d'un signal échantillonné (Oral-PT-701)

La figure 53 représente deux spectres d'un même signal échantillonné à deux fréquences différentes.

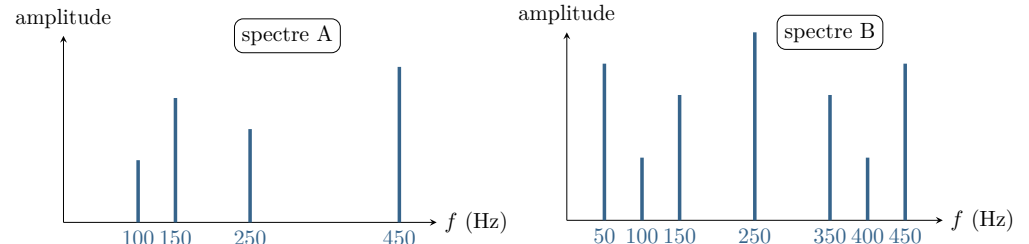


Fig. 53 – Deux spectres d'un même signal.

Spectre A :  $f_e = 1$  kHz; spectre B :  $f_e = 500$  Hz.

- Rappeler le critère de Shannon. On le suppose vérifié pour le spectre A, qu'en est-il pour le spectre B?
- Expliquer l'allure du spectre B.
- On souhaite améliorer le spectre B par l'utilisation d'un filtre. Quel type de filtre faut-il utiliser? Comment le placer? Quelle est sa fréquence de coupure? Commenter son

efficacité.

### 264 – Filtre RLC (Oral-PT-906)

1. Identifier sans calcul la nature du filtre du montage figure 54.

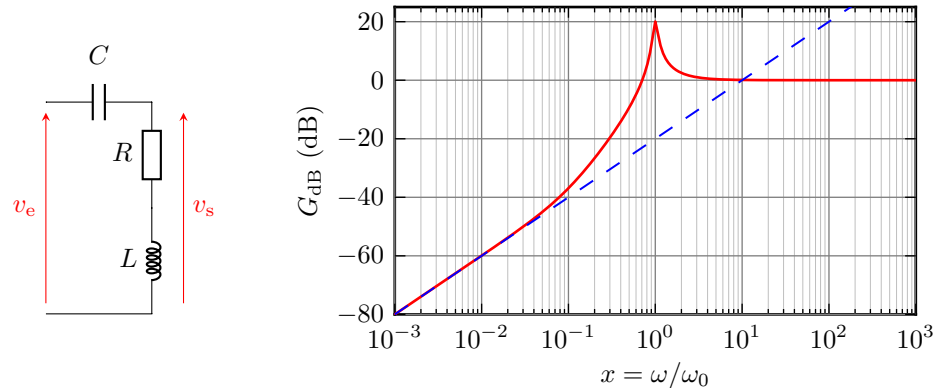


Fig. 54 – Schéma et diagramme de Bode asymptotique d'un filtre RLC

2. Déterminer la fonction de transfert sous la forme

$$\underline{H} = \frac{\frac{jx}{Q} - x^2}{1 + \frac{jx}{Q} - x^2} \quad \text{avec} \quad x = \frac{\omega}{\omega_0}.$$

Identifier la fréquence de résonance  $\omega_0$  et le facteur de qualité  $Q$ .

- On donne le diagramme de Bode du filtre figure 54. Expliquer les valeurs prises par la pente en haute et basse fréquence. Déterminer la valeur de  $Q$ .
- On met un signal triangulaire en entrée. Pour le même signal d'entrée mais pour deux valeurs différentes de  $R$ , on obtient un signal carré très atténué puis un signal formé d'une succession d'impulsions. Expliquer.

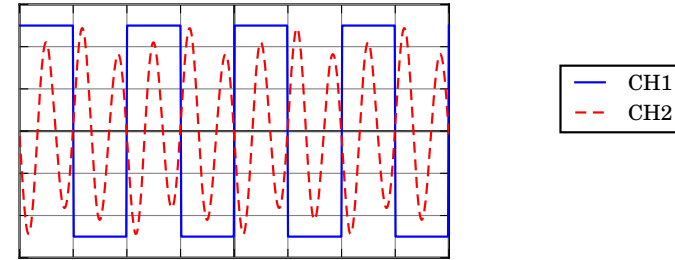
### 265 – Étude expérimentale d'un filtre (Oral-PT-907)

La figure 55 représente les signaux d'entrée (voie 1) et de sortie (voie 2) d'un filtre acquis via un oscilloscope numérique. La fonction de transfert du filtre est donnée par

$$\underline{H} = \frac{v_s}{v_e} = \frac{-2H_0 \xi jx}{1 + 2\xi jx - x^2}$$

avec  $j^2 = -1$ ,  $x = f/f_0$ ,  $H_0 = 2$ ,  $\xi = 0,05$  et  $f_0 = 1,5$  kHz.

1. Donner l'amplitude, la fréquence et la valeur moyenne du signal créneau.



Time = 1 ms/div — CH1 = 1 V/div — CH2 = 500 mV/div  
Fig. 55 – Copie d'écran d'oscilloscope.

2. Montrer qu'il s'agit d'un filtre passe-bande et calculer la largeur de sa bande passante. On donne la décomposition en série de Fourier d'un signal créneau de fréquence  $f$  et de valeur moyenne nulle :

$$v_e(t) = \sum_{k=1}^{\infty} A_k \sin(2\pi k f t) + \sum_{k=1}^{\infty} B_k \cos(2\pi k f t)$$

- Justifier que  $B_k = 0$  dans le cas du signal de l'oscillogramme. Représenter le spectre du signal sachant que  $A_k = 0$  si  $k$  est pair et  $A_k$  est proportionnel à  $1/k$  si  $k$  est impair.
- Dans un premier temps, on approxime le signal de sortie par une sinusoïde parfaite  $v_s = V_{s,max} \sin(\omega t + \varphi)$ . D'après l'oscillogramme, donner l'amplitude et la fréquence de la sinusoïde ainsi modélisée.
- On prend cette fois-ci en compte deux sinusoïdes. Expliquer la courbe observée. Calculer le rapport de leurs amplitudes dans le signal de sortie, sachant que  $|\underline{H}(1/3)| = 0,075 H_0$ .

### 266 – Inverseur - modèle premier ordre (Oral-PT-607)

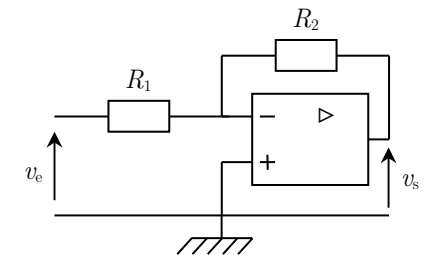
Considérons le montage ci-contre, en supposant l'ALI est idéal.

1. Exprimer sa fonction de transfert  $\underline{H} = \underline{V}_s / \underline{V}_e$  et son impédance d'entrée.

On suppose maintenant que l'ALI se comporte comme un filtre passe-bas du premier ordre avec une pulsation de coupure  $\omega_c = 20 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$ . Sa fonction de transfert s'écrit

$$\underline{\mu} = \frac{\underline{V}_s}{\underline{\varepsilon}} = \frac{\underline{V}_s}{\underline{V}^+ - \underline{V}^-} = \frac{\mu_0}{1 + j \frac{\omega}{\omega_c}}$$

2. Rappeler l'ordre de grandeur de  $\mu_0$ . Commenter celui de  $\omega_c$  : est-il adapté à un usage en électronique?



3. Établir la fonction de transfert du montage en fonctionnement linéaire et l'écrire sous la forme

$$\underline{H} = \frac{H_0}{1 + j \frac{\omega}{\omega'_c}}$$

Exprimer  $H_0$  et  $\omega'_c$  en fonction des données.

4. Quel est l'impact de la rétroaction sur le gain ? Sur la bande passante ? Commenter.

### 267 – Filtre en peigne de fréquence (Oral-PT-608)

On s'intéresse au montage de la figure 56. Les deux ALI fonctionnent en régime linéaire et on suppose  $0 < \beta < 1$ .

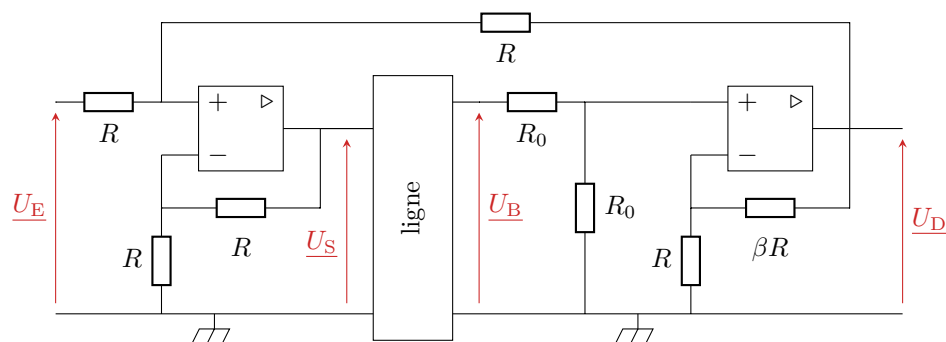


Fig. 56 – Schéma du filtre en peigne de fréquence

1. La fonction de transfert de la ligne est de la forme

$$\underline{H}_L(j\omega) = \frac{U_B}{U_S} = e^{-j\omega\tau},$$

où  $\tau$  est une constante caractéristique de la ligne. Quel est le phénomène physique qui justifie d'écrire cette fonction de transfert sous cette forme ?

2. Exprimer  $\underline{H}_B L(j\omega) = \frac{U_D}{U_B}$  en fonction de  $\alpha = (1 + \beta)/2$ .
3. Déterminer  $\underline{H}(j\omega) = \frac{U_D}{U_E}$ .
4. La figure 57 représente  $|\underline{H}(j\omega)|$ . Déterminer les grandeurs définies sur la figure :  $H_{\max}$ ,  $H_{\min}$ ,  $\Omega$  et la largeur  $\Delta\omega$  de la bande passante à  $-3$  dB en fonction de  $\alpha$  et  $\tau$ .
5. On envoie en entrée du filtre un signal s'écrivant comme la somme :

➤ d'un signal d'intérêt  $u_0$  tel que  $\forall t, u_0(t + T) = u_0(t)$  ;

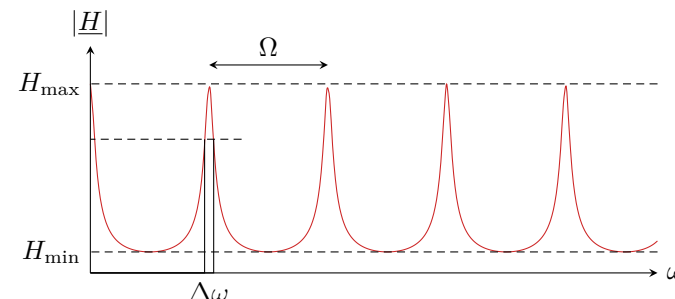


Fig. 57 – Fonction de transfert du filtre en peigne de fréquence

➤ d'un bruit modélisé par un ensemble de signaux sinusoïdaux  $v_i$  de fréquence  $f_i \neq 1/T$ .

Comment choisir  $\tau$  pour éliminer le bruit ?

Oral 2018

### 268 – Courants induits (Alcain1-2018)

- Montrer que dans un solénoïde parcouru par un courant  $i = I_0 \cos(\omega t)$ , le champ  $\vec{B}$  créé est de la forme :  $\vec{B} = B_0 \cos(2\pi f t) \vec{e}_z$  dans une région de l'espace que l'on précisera.
- Par des études de symétries et d'invariances montrer que le champ  $\vec{E}$  induit est de la forme  $\vec{E} = E(r, t) \vec{e}_\theta$ . Donner l'expression de  $\vec{E}$  à l'aide de la version intégrale de Maxwell-Faraday.
- On place à l'intérieur du solénoïde un disque métallique de rayon  $a$  de longueur  $L$  et de conductivité électrique  $\sigma$ . Montrer que cela crée un courant  $I$  et donner la valeur de  $\vec{j}$ . Comment s'appelle ce type de courant ? Montrer que la loi de Lenz est vérifiée.
- Calculer la puissance volumique moyenne transmise au barreau. En déduire la puissance transmise au barreau. Le dispositif est utilisé pour chauffer le disque métallique, donner les fréquences pour lesquelles le dispositif fonctionnera le mieux.
- On place le barreau dans le sous-espace  $z > 0$ . On pose une solution de  $\vec{E}$  du type  $\vec{E} = E_0 \exp(i(\omega t - kz)) \vec{e}_z$ . Montrer que l'amplitude est atténuée par  $\exp(-z/d)$  avec  $d = \sqrt{\frac{2}{\mu_0 \sigma \omega}}$ .  
NB : Si le barreau occupe l'espace  $z < 0$ , alors la décroissance est  $\exp(z/d)$  et la divergence s'évalue en  $-\infty$ .

### 269 – Lentilles (Alcain2-2018)

On considère une lentille convergente  $\mathcal{L}_1$  de focale  $f'_1 = 10$  cm. On place un écran à  $d = 15$  cm et de la lentille et un objet à  $D_f$  de  $\mathcal{L}_1$ .

1. Déterminer  $D_f$  pour que l'image sur l'écran soit nette.
2. Déterminer le grandissement.

On place alors une deuxième lentille  $\mathcal{L}$  de nature inconnue et de focale inconnue à 10 cm devant  $\mathcal{L}_1$ . L'objet se trouve à 40 cm en amont de  $\mathcal{L}$ .

3. Déterminer la distance focale  $f'$  de  $\mathcal{L}$  pour que l'image de cet objet par le dispositif soit nette sur l'écran, et préciser alors la nature de  $\mathcal{L}$ .
4. Calculer le grandissement global.

### 270 – Filtre avant un convertisseur analogique numérique (Balluel-2018)

On s'intéresse à un filtre particulier, dont le gain est défini par la relation suivante :  $G(f) =$

$$\frac{G_0}{\sqrt{1 + \left(\frac{f}{f_0}\right)^{2p}}}$$

Une courbe du gain en fonction de la fréquence pour différentes valeurs de  $p$  était fournie.

1. a. Donner la définition et la valeur de  $G_0$  et  $f_0$ .  
b. L'examineur m'a fait passer la question.
2. a. On choisit d'utiliser ce filtre en entrée d'un CAN de  $n$  bits. La tension d'entrée du CAN est  $V_e = V_{\text{ref}}$ . Donner le quantum, qui est la plus petite information mesurable.  
b. On souhaitait trouver un critère sur le gain à la fréquence  $f_N$ , connue par avance, de façon à ce que les fréquences qui suivent soient atténuées. Il y avait également un lien avec la tension d'entrée  $V_{\text{ref}}$  et le quantum.  
c. Non traitée.

### 271 – Loi de température dans un fusible (Balluel-2018)

On étudie un cylindre, dont le cœur est en cuivre et la gaine en PVC. Il y avait un schéma grossier du dispositif étudié.

On rappelle l'expression du gradient en cylindrique :  $\vec{\text{grad}} f = \frac{\partial f}{\partial r} \vec{e}_r + \frac{1}{r} \frac{\partial f}{\partial \theta} \vec{e}_\theta + \frac{\partial f}{\partial z} \vec{e}_z$ .

1. Donner la loi de Fourier dans le cas d'une symétrie cylindrique et pour une conductivité thermique  $\lambda$ . Donner l'unité de  $\lambda$ .

On considère un cylindre de cuivre de diamètre  $D_c = 2$  mm, traversé par un courant  $I$ , entouré d'un cylindre en PVC de rayon  $R = 5$  mm. L'ensemble présente une longueur  $\ell$ . On donne :

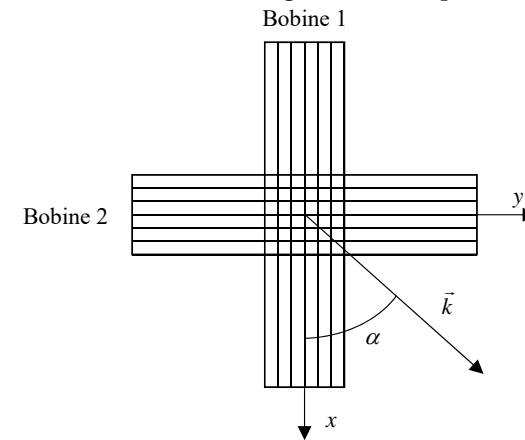
- conductivité thermique du cuivre  $\lambda_{\text{Cu}} = 380$  USI
- conductivité thermique du PVC  $\lambda_{\text{PVC}} = 0,2$  USI
- conductibilité électrique du cuivre,  $\sigma = 6 \cdot 10^6$  USI

Au contact entre l'air et le PVC existe un flux convectif Newtonien, tel que :  $j = h(T_a(R^+) - T(R^-))$ . Avec :  $h = 10$  USI et  $T(R^-) = T_0$ .

2. a. Exprimer la puissance perdue par effet Joule  $P_J$  dans le cuivre en fonction des données du problème.  
b. Montrer que le flux thermique  $\Phi_{\text{th}}(r)$  est indépendant de  $r$  dans la gaine PVC. Donner ainsi son expression en fonction de  $P_J$ .  
c. On s'intéresse alors à la loi de  $T(r)$  dans le PVC, pour  $r > \frac{D_c}{2}$ . Exprimer  $\Phi_{\text{th}}(r)$  en fonction de  $\frac{\partial T}{\partial r}$ . En déduire  $T(r)$ .
3. Donner la valeur maximale de l'intensité parcourant le cuivre, de façon à ce que la température n'excède pas  $T_0 = 100$  °C avec une température de l'air de 25 °C.

### 272 – OEM et bobines (Billet1-2018 – ressemble Boiteau(12-2011))

On considère 2 bobines avec leurs axes orthogonaux de  $N$  spires chacune figure 272.



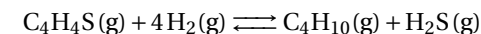
Les 2 bobines de  $N$  spires

Un champ  $\vec{E}$  de module  $E_0$  de direction de polarisation  $\vec{e}_z$  se propageant selon  $\vec{k}$  (représenté sur la figure 272). On a

1. Déterminer l'équation horaire de  $\vec{E}$ .
2. Déterminer l'expression de  $\vec{B}$ .
3.  $\lambda$  est très grande devant les dimensions des bobines. En déduire que  $\vec{E}$  est uniforme, non constant et quasiment égal à  $\vec{E}(O)$ , centre de la figure.
4. On mesure la tension aux bornes de la bobine 1 : 2,5 V et pour la bobine 2 : 5,5V, trouver l'angle  $\alpha$ .

### 273 – Étude du thiophène (Billet2-2018)

On considère la réaction



Composé	$\Delta_f H^\circ$ (kJ·mol <sup>-1</sup> )	$\Delta_f G^\circ$ (kJ·mol <sup>-1</sup> )	$S^\circ$ (J·K <sup>-1</sup> ·mol <sup>-1</sup> )
C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> S(ℓ)	80	120	180
C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> S(g)	117	123	
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> (g)	-127	-14	310
H <sub>2</sub> (g)	0	0	130
H <sub>2</sub> S(g)	-21	-32	210

- Calculer la pression de vapeur saturante  $P_{\text{sat}}$  du thiophène C<sub>4</sub>H<sub>4</sub>S à  $T = 298$  K.
- Calculer  $\Delta_r H^\circ$ ,  $\Delta_r G^\circ$  et  $K^\circ$  à 298K.
- Calculer  $K^\circ$  à 700 K.
- On a 1 mole de C<sub>4</sub>H<sub>4</sub>S(g) et 6 mol de H<sub>2</sub>(g). Trouver la pression totale sachant qu'il reste 0,1 % de C<sub>4</sub>H<sub>4</sub>S(g) à l'équilibre sachant que l'on se place à une température  $T_2$  telle que  $K^\circ(T_2) = 12$ .

### 274 – Courant dans un cylindre en rotation (Brochel-2018)

On a solénoïde de rayon  $a$  de longueur  $\ell$  est composé de  $n$  spires par unité de longueur. On considère que le solénoïde est infini.

- Quel hypothèse fait-on quand on considère le solénoïde « infini » ?
- Par analyse des symétries et invariances, trouver ce qui caractérise le champ  $\vec{B}$ .
- On suppose que le champ  $\vec{B}$  est nul à l'extérieur du solénoïde. Calculer le champ  $\vec{B}$  à l'intérieur.
- Exprimer la densité d'énergie magnétique. Exprimer de deux manières différentes l'énergie stockée. En déduire l'inductance du solénoïde en fonction de  $N$  le nombre de spires.  
Faire l'application numérique pour  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T}\cdot\text{m}\cdot\text{A}^{-1}$ ,  $\ell = 20$  cm,  $a = 2$  cm et  $N = 1000$  spires.

On considère à présent un cylindre infini de charge volumique  $\rho$ , de rayon  $a$ , de longueur  $\ell$  tournant avec une vitesse  $\omega$  autour de son axe.

- Calculer  $\vec{j}$  le courant volumique. On prendra un système de coordonnées adapté. (l'examineur m'a demandé à quoi était du le courant dans le cylindre).
- Calculer le champ  $\vec{B}$  en tous points de l'espace.

### 275 – Radar à modulation de fréquence (Broche2-2018)

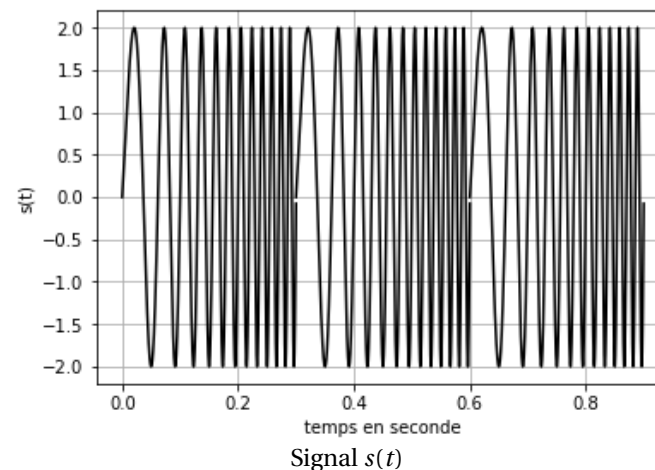
On considère un signal de la forme  $s(t) = S_0 \sin(\phi(t))$ .

- Montrer que la fréquence d'un signal sinusoidal s'écrit  $f(t) = \frac{1}{2\pi} \frac{d\phi(t)}{dt}$ .

On considère un signal tel que  $s(t) = S_0 \sin(2\pi(f_0 t + \frac{B}{2T} t^2))$  pour  $0 \leq t \leq T$ . Le signal aura la même allure sur les périodes suivantes.

- Écrire la fréquence de ce signal en fonction de  $B$ ,  $T$  et  $f_0$ .

- Tracer le graphe de la fréquence du signal sur plusieurs périodes et justifier l'appellation modulation de fréquence rampe pour ce signal. On donne le graphe de  $s(t)$  figure 3, correspond-il à la description précédente ?



Application à un radar : un émetteur/récepteur envoie un signal sur un obstacle situé à une distance  $D$  et reçoit un signal de la forme  $r(t) = a.s(t - \tau)$  avec  $a$  une constante.

- Exprimer la célérité de la lumière en fonction de  $\tau$  et  $D$ .
- On suppose que  $T \gg \tau$ , exprimer  $\delta f(t) = f(t) - f_r(t)$  en fonction de  $B$ ,  $T$  et  $\tau$ .
- En déduire la distance  $D$  à l'obstacle en fonction de  $B$ ,  $T$  et  $\delta f$ .

### 276 – Propagation dans l'atmosphère (Cardon1-2018)

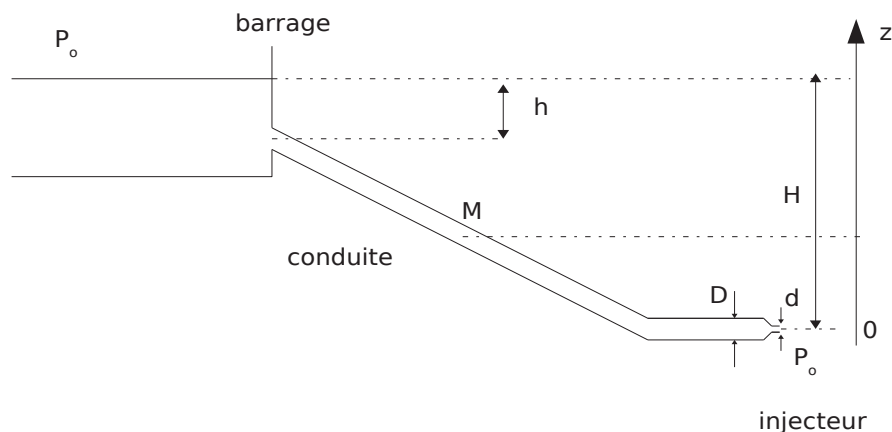
La surface terrestre et l'ionosphère, couche supérieure conductrice de l'atmosphère, forment les deux parois, supposées parfaitement conductrices dans un premier temps, d'une cavité sphérique. Afin de simplifier la géométrie du problème, on « déplie » la cavité étudiée de façon à assimiler localement la surface terrestre à son plan tangent ( $Oxy$ ).

L'intérieur de la cavité ( $0 \leq z \leq h$ ) est supposé vide de charges et de courants, ses propriétés électromagnétiques sont identiques à celles du vide. Le champ électrique est de la forme  $\vec{E} = \underline{E}(y, z)e^{j(\omega t - kx)} \underline{u}_y$ .

- Donner l'équation de Maxwell Gauss dans ces conditions. En déduire que pour le champ  $\vec{E}$ ,  $\underline{E}$  ne dépend que de  $z$ .
- Démontrer l'équation que vérifie le champ  $\vec{E}$ . Donner les solutions de cette équation.
- Pas vraiment compris, et non traitée.

### 277 – Cavitation dans une canalisation (Cardon2-2018)

Une conduite amène l'eau d'un barrage vers la turbine d'une centrale hydroélectrique. La conduite cylindrique, de diamètre  $D = 30$  cm, a son départ situé à  $h = 20$  cm en dessous de la surface libre de l'eau; elle se termine à  $H = 150$  m en dessous de cette surface par un injecteur (tubulure de section décroissante) de diamètre de sortie  $d = 15$  cm. On suppose le niveau du barrage constant, l'écoulement dans la conduite permanent, et la pression dans le jet à la sortie de l'injecteur égale à  $P_{\text{atm}}$ . On suppose la température de l'eau constante à  $15^\circ\text{C}$ . La pression de vapeur saturante est  $P_{\text{sat}} = 1,5 \cdot 10^3$  Pa.



Cavitation dans une canalisation

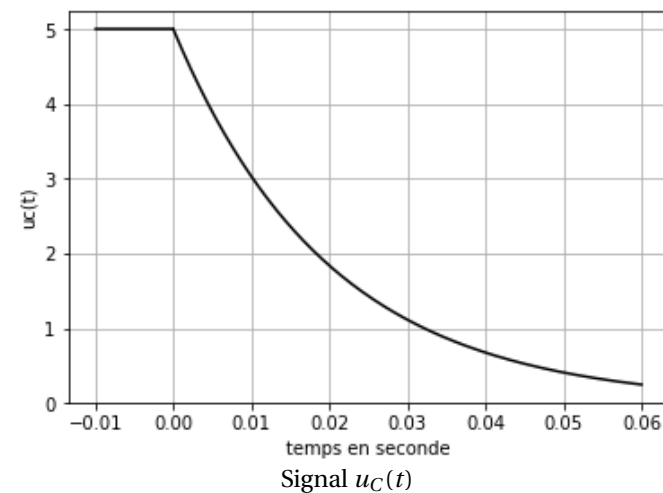
1. Étude sans la réduction de diamètre de l'injecteur.
  - a. Calculer  $v_{\text{sortie}}$ .
  - b. Exprimer  $P(z)$  dans la conduite.
  - c. Le phénomène de cavitation se produit-il?
2. Étude de l'utilité de la réduction de diamètre de la canalisation par un injecteur
  - a. Exprimer  $P(z)$ .
  - b. Est-ce que la réduction de diamètre produit l'effet escompté (atténuation voire suppression du phénomène de cavitation)?
3.
  - a. Donner l'ordre de grandeur de la viscosité de l'eau.
  - b. Donner la valeur de la vitesse dans la canalisation du cas précédent. Cette valeur sera supposée inchangée. Calculer le nombre de Reynolds.
  - c. Donner un ordre de grandeur des pertes de charge. On rappelle la formule des pertes de charge linéique  $\Delta P_c = 0,316 \cdot \text{Re}^{-0,25} \frac{\ell}{D} \mu \frac{v^2}{2}$ , où  $\ell$  est la longueur de canalisation. Conclure sur la vitesse du fluide dans la canalisation.

### 278 – Décharge d'un circuit RC (David1-2018)

On considère un circuit RC série dont le condensateur est chargé à  $t = 0$  et dont la tension

vaut  $U_0$  en  $t = 0$ .

1. Déterminer l'expression de la tension aux bornes du condensateur en tout  $t$  lorsque le circuit est fermé sur lui-même à  $t = 0$ .
2. Déterminer  $C$  et  $U_0$  à partir de la courbe 2 sachant que  $R = 1$  k $\Omega$ .



3. Donner la valeur de l'énergie du condensateur. (Plus la démonstration demandée par l'examinateur)
4. On alimente le circuit avec un signal créneau  $\pm U_0$  avec une période  $\frac{T}{2} > 5\tau$ . Déterminer la tension aux bornes de la résistance sur une période.

### 279 – Conduction thermique dans un fil de cuivre (David2-2018)

On considère un fil de longueur  $\ell$ , capacité thermique  $c$ , conductivité thermique  $\lambda$ , section  $S$ , la paroi latérale du fil est calorifugé. À gauche du fil,  $T_1 = 300$  K et à droite du fil  $T_2 = 280$  K.

1. Démontrer l'équation de la chaleur. (cf cours!)
2. Donner la valeur de  $\lambda$  sachant que la valeur du flux est de  $2400$  J $\cdot$ min $^{-1}$ . (RP sans source, on peut utiliser la loi d'Ohm thermique ou plus long, résoudre l'équation de la chaleur pour redémontrer la loi d'ohm thermique!)
3. Pas le temps d'y arriver.

### 280 – Étude d'une pile (Dufourg1-2018)

On a deux demi piles, reliées entre elles par un pont électrolytique.

Demi pile 1 : Une électrode d'argent est plongée dans une solution de nitrate d'argent à

concentration  $0,2 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ .

Demi pile 2 : Une électrode d'argent est plongée dans une solution saturée de chlorure d'argent.

La fem de la pile vaut  $0,25 \text{ V}$ .

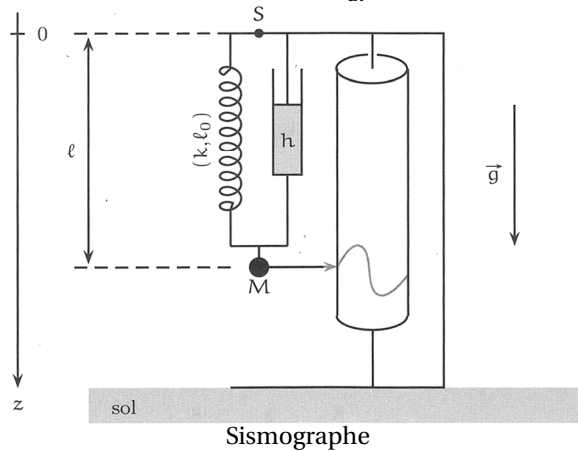
Données :  $M_{\text{Cl}} = 35 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ,  $M_{\text{Ag}} = 107 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ,  $E_{\text{Ag}^+/\text{Ag}}^\circ = 0,80 \text{ V}$ .

1. Faites le schéma de la pile.
2. Calculez les potentiels des deux piles.
3. Calculez la concentration en  $\text{Ag}^+$  dans la deuxième pile. Calculez le produit de solubilité du chlorure d'argent.
4. Calculez la solubilité du chlorure d'argent dans l'eau en  $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ .

### 281 – Sismographe (Dufourg2-2018)

On modélise le sismographe par un bras, sous lequel on accroche un ressort de raideur  $k$  et une masse de masse  $m$ . Ce sismographe est lié au sol.

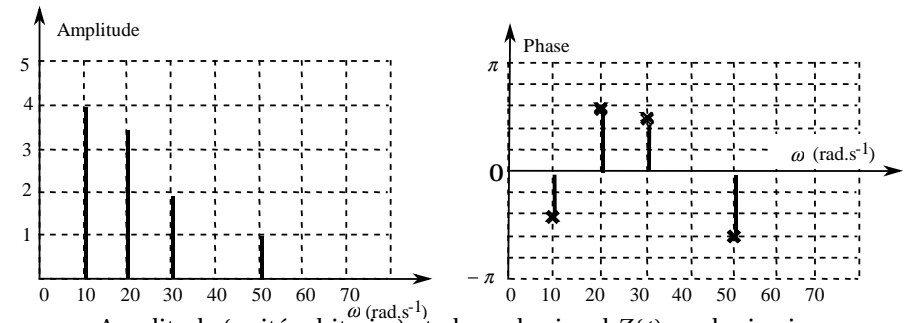
La masse subit une force de frottement fluide  $-h \frac{d\ell}{dt}$ .



1. On considère qu'il n'y a pas de tremblements de Terre. Que vaut  $\ell_{\text{eq}}$ ?
2. Il y a un tremblement de Terre. Le sol se déplace de  $Z$ . On pose  $u(t) = z(t) - \ell_{\text{eq}} = \ell(t) - \ell_{\text{eq}}$ . Il est précisé que  $u$  est dirigé vers le bas, comme l'axe  $z$ . En se plaçant de le référentiel terrestre lié au sol "immobile", montrez que  $u$  vérifie l'équation l'équation suivante :  $\frac{d^2u}{dt^2} + \frac{\sqrt{2}}{\tau} \frac{du}{dt} + \omega_0^2 u = \alpha \frac{d^2Z}{dt^2}$  (attention, c'est un grand  $Z$  dans l'équation). Pour cela on introduira un point  $A$  fixe dans le référentiel terrestre.
3. On passe en complexe et on pose  $Z(t) = Z_0 \cos(\omega t)$ . Déterminez la fonction de transfert  $\underline{H}(j\omega) = \frac{u}{Z}$ . Factoriser et déterminez la nature de ce filtre. Enfin, que se passe-t-il si

$\omega_0 \tau = 1$ .

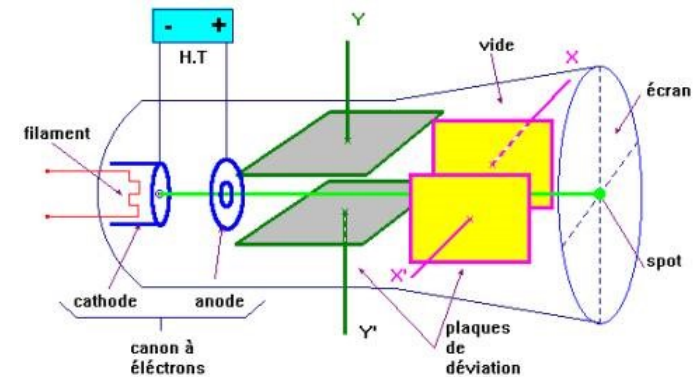
4. La pulsation propre du sismomètre est  $\omega_0 = 20 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$ , cet appareil détecte une onde sismique dont la décomposition en série de Fourier est représentée figure 4.



Amplitude (unité arbitraire) et phase du signal  $Z(t)$ , onde sismique

- a. Déterminer les amplitudes  $c_n$  des différentes sinusoïdes et donner l'amplitude en sortie de filtre  $c'_n$  de manière littérale.
- b. Comment devrait être la pulsation  $\omega_0$  du sismomètre pour que  $u$  soit l'image fidèle du  $Z$ .

### 282 – Oscilloscope analogique (Fontaine1-2018)



Oscilloscope analogique

La cathode chauffée par un filament émet des électrons à faible vitesse par effet thermo-électronique. Ces électrons sont ensuite accélérés par une anode creuse en appliquant une tension aux bornes. Le faisceau d'électrons est dévié par les plaques verticales et horizontales jusqu'à arriver sur l'écran. L'ensemble est placé dans un tube de vide.

1. Justifier le choix des bornes au niveau de l'anode et de la cathode.
2. Déterminer la vitesse de l'électron lorsqu'il arrive à l'anode.

- On applique une tension  $U$  aux plaques verticales espacées d'une distance  $h$ . Calculer le champ électrique présent entre les plaques.
- L'électron arrive aux plaques à  $h/2$ , déterminer sa trajectoire entre les plaques.
- On applique une tension en dents de scie :  $U(t) = -V_0/2 + V_0 t/T_H$  puis cela recommence avec  $U(T_H^+) = -V_0/2$ . La tracer. Quel est l'intérêt d'appliquer une telle tension ?
- On applique une tension sinusoïdale de période  $T$  sur les plaques horizontales. Qu'observe-t-on sur l'écran ?  $T$  et  $T_H$  étant petits devant la persistance rétinienne, que voit-on en réalité ?
- Que faut-il modifier pour observer une courbe sur l'écran.

### 283 – Centrale électrique (Fontaine2-2018 ressemble à Cartesi 9-2012)

Une centrale électrique, considérée comme une machine ditherme réversible, a une puissance de 4 GW. La centrale est placée à côté d'un fleuve pour permettre de garder la source froide à une température de 300 K à travers un échangeur de débit volumique  $50 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . La source chaude est à une température de 900 K.

- Identifier les organes du système thermodynamique.
- Déterminer les puissances thermiques échangées par la centrale.
- Déterminer la température  $T_2$  à laquelle ressort l'eau du fleuve en sortie de l'échangeur.

### 284 – Disque chargé dans un solénoïde (Fernandez2-2018)

On considère une bobine de longueur  $\ell$  et on néglige les effets de bord, et on a  $i$  dans les spires.

- On veut pour  $t \geq 0$ ,  $i(t) = I_0(1 - e^{-t/\tau})$  et pour  $t \leq 0$ ,  $i(t) = 0$ .  
Comment faire pour avoir cette forme ? C'est quoi ARQS et quelles sont les conditions ?
- Donner (sans démontrer) l'expression de  $B$  dans la bobine.
- On ajoute un disque chargé sur l'arête  $q > 0$ , il peut tourner autour de l'axe de la bobine. À  $t = 0^+$ , il tourne, pourquoi ?
- ??? Ne se rappelle pas

### 285 – Sphère radioactive 2 (Gascoin1-2018)

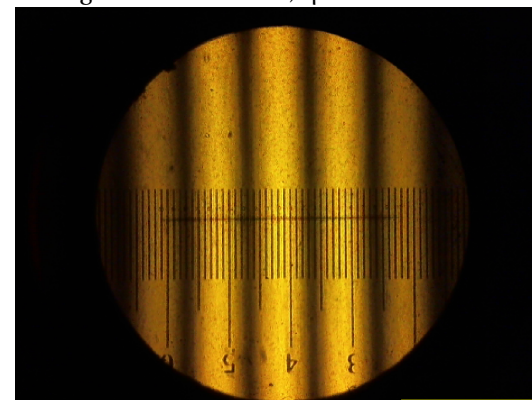
On considère une sphère de matière radioactive, initialement neutre, de rayon  $R$  suffisamment faible par rapport aux autres dimensions pour que cette sphère soit confondue avec son centre  $O$ . A partir de l'instant  $t = 0$ , cette sphère émet par désintégration, de manière isotrope, des particules chargées animées d'une vitesse  $\vec{v}_0 = v_0 \vec{e}_r$  constante. Il apparaît donc dans l'espace au voisinage de la sphère un courant de charges. Si le flux de particules est suffisamment intense, on peut adopter une description continue : soit alors  $\vec{j}(M, t)$  le vecteur densité de courant volumique.

La charge de la sphère radioactive vaut  $q(t) = q_0(e^{-t/\tau} - 1)$ .

- Tracer l'allure de  $q(t)$ .
- On considère une sphère de rayon  $r$  à l'instant  $t$ .  
Montrer que
  - si  $r > v_0 t$  la charge intérieure à la sphère vaut  $Q = 0$ .
  - si  $r < v_0 t$  la charge intérieure à la sphère vaut  $Q = q(t - \frac{r}{v_0})$ .
- Calculer dans chaque cas  $\vec{E}$ ,  $\rho(r, t)$ ,  $\vec{j}$  (l'examinateur n'a pas voulu que j'utilise le divergent en sphériques),  $\vec{B}$  et  $u_{em}$ .

### 286 – Michelson en coin d'air (Gascoin2-2018)

- On considère un Michelson en coin d'air. Calculer  $\delta$ .
- Où sont localisées les interférences et quelle est leur forme ?
- Avec une lentille convergente et un grossissement de 4 on observe la figure 3. La figure est obtenue avec une longueur d'onde  $\lambda = 0,6 \mu\text{m}$ . Déterminer l'angle  $\varepsilon$  du coin d'air.

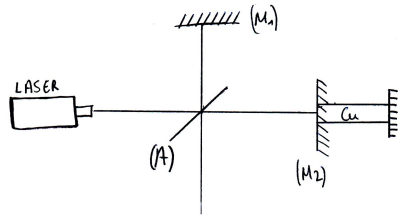


Michelson en coin d'air

### 287 – Exemples d'application du Michelson (Guerin1-2018)

Le but de cet exercice était d'étudier deux exemples d'application du Michelson.

- Exemple 1 :

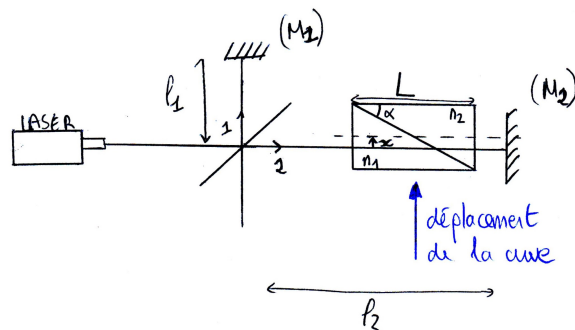


Application 1 du Michelson

On disposait du schéma 1 ; une barre de Cuivre de coefficient de dilatation  $\alpha = \frac{\Delta L}{L_0 \times \Delta T}$  (avec  $L_0 = 59,3$  cm la longueur de la barre à température ambiante,  $\Delta L$  la variation de longueur de la barre pour une variation de température  $\Delta T$ ) est fixée à un des miroirs. La longueur d'onde émise  $\lambda = 630$  nm.

- Qu'est-ce que l'élément A ? A quoi sert-il ?
- Quelle est l'unité de  $\alpha$  ? Quel est son signe ?
- (Une figure d'interférence assez floue était donnée, représentant des franges lumineuses rouges rectilignes) Le Michelson est-il monté en coin d'air ou lame d'air ?
- On chauffe la barre de cuivre de  $80^\circ\text{C}$  et on observe 2642 franges brillantes défiler. Interprétation ? Calcul de  $\alpha$  ?

2. Exemple 2



Application 2 du Michelson

On disposait du schéma 2, où la cuve est remplie de deux liquides avec des coefficients de réfraction différents. Le Michelson est en lame d'air. On suppose que les rayons ne sont pas déviés dans la cuve. Pour  $x = 0$  le rayon est au milieu de la cuve.

- Calcul de  $\delta$ .
- Montrer que l'intensité lumineuse dépend périodiquement de  $x$ . Calculer la période.

**288 – Étude d'un filtre (Guerin2-2018)**

On dispose du diagramme de Bode en gain en décibel figure 288.

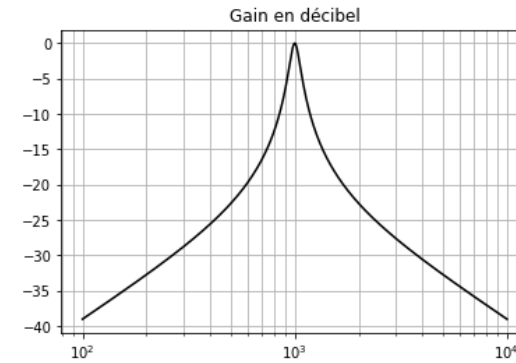
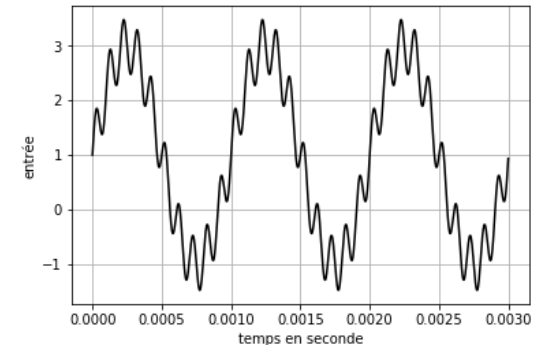


Diagramme de Bode du filtre

- Quel est le type du filtre ?
- On sait que  $\underline{H}(jf) = \frac{H_0}{1 + jQ(\frac{f}{f_0} - \frac{f_0}{f})}$ . Donner  $H_0$ ,  $f_0$  et  $Q$ .
- On met en entrée le signal figure 3. En déduire  $s(t)$ .



Signal en entrée du filtre

- On souhaite réaliser ce filtre avec un montage RLC série. Où brancher la sortie ? En déduire  $Q$  et  $f_0$ ,  $C = 0,1 \mu\text{F}$  : que valent  $R$  et  $L$  ?

**289 – Tuyau avec de l'hélium liquide (Guigue1-2018)**

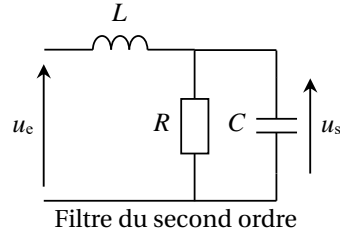
Un tube de rayon intérieur  $R$  est traversé par de l'Hélium liquide en écoulement. On note  $D$  son débit massique. La température de l'hélium à l'entrée du tube est notée  $T_e$ , le tube est plongé dans une atmosphère à la température  $T_b$ . On néglige les variations de pression et la diffusion thermique. La puissance thermique échangée est :  $dP = \Delta T(x).k.dS$

- Énoncer le PPSO.

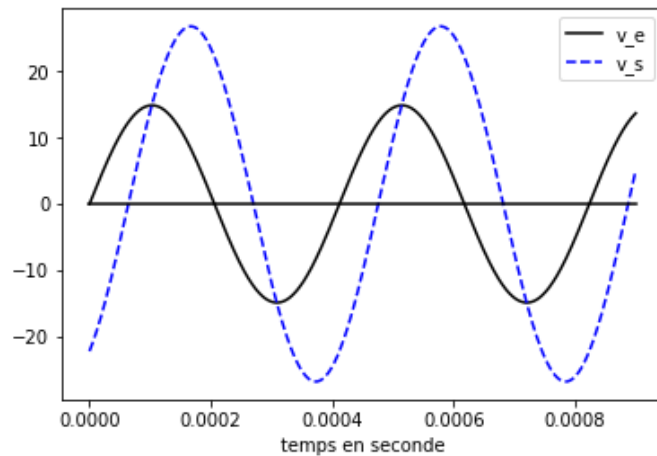
- Déterminer  $\Delta T(x)$ .
- Quelle longueur de tuyau faut-il pour qu'il n'y ait plus d'échange thermique entre le tuyau et l'extérieur?

### 290 – Analyse expérimentale d'un circuit (Guigue2-2018)

On considère le circuit de la figure 290. on a  $u_e(t) = E \cos(\omega t)$ ,  $f = 2430$  Hz,  $C = 100$  nF.



- Un multimètre mesure une valeur efficace pour le signal d'entrée de 10,5 V. Sachant que  $1 \text{ div} = 5$  V, combien de divisions sont occupées par le signal d'entrée?



Entrée et sortie du filtre

- Déterminer le déphasage entre les deux signaux figure 1. Quel signal est en avance de phase?
- Déterminer l'amplitude complexe du signal de sortie.
- En déduire  $R$  et  $L$ .

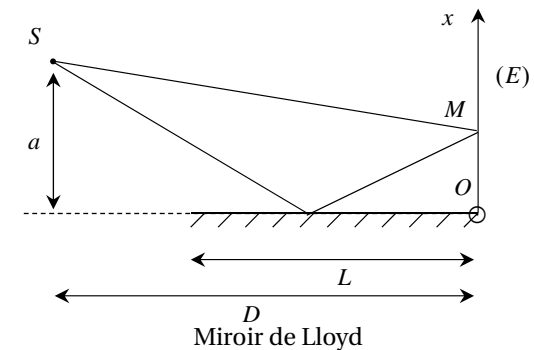
Question de l'examinateur : Qu'est-ce que mesure un multimètre en mode AC? DC? Qu'est-ce que mesure le mode AC de l'oscilloscope?

### 291 – Force gravitationnelle (Houot1-2018)

- Donner 3 caractéristiques de cette force.
- Montrer que le mouvement d'un satellite autour de la Terre est plan.
- Déterminer l'altitude d'un satellite géostationnaire.

### 292 – Trous d'Young et Miroir (Houot2-2018)

- Trou d'Young classique, rédémontrer la différence de marche, l'intensité et l'interfrange avec une source ponctuelle monochromatique  $\lambda = 0,6 \mu\text{m}$ .
- Cette fois ci on prend le schéma 1, déduire les valeurs précédentes.



- Calculer la hauteur  $x$  sur l'écran de la 3<sup>ème</sup> frange brillante avec  $a = 1$  mm,  $D = 2$  m et  $L = 1,5$  m.
- Calculer le nombre de franges sur l'écran.

### 293 – Étude d'une pompe (Kjellberg1-2018)

On pompe l'eau d'un lac pour la mettre dans un autre lac situé plus haut d'une hauteur  $h$ . On connaît  $D$ ,  $\rho_0$  (eau),  $h$ ,  $R$  (rayon canalisation), la longueur de la canalisation  $L$ .

- Sans pertes de charge, faire un bilan d'énergie massique.
- En déduire la puissance que doit fournir la pompe.

On rajoute des pertes de charges :  $\frac{\Delta z}{L} = \lambda \frac{v^2}{2gD}$ .

- Donner la vitesse de l'eau et en déduire  $\Delta Z$  (grâce à la formule de l'énoncé)
- Bilan d'énergie massique avec pertes de charges (toujours celles données par l'énoncé). Commenter
- Quelles autres pertes de charge sont à prendre en compte?
- Questions bonus : Qu'est-ce qu'un pallier de diffusion et de quoi dépend-il? (chimie) Comment appelle-t-on le phénomène de formation de cavités gazeuses dans un liquide?

(La cavitation)

**294 – Synthèse par Électrolyse de l'étain (Kjellberg2-2018)**

On veut effectuer l'électrolyse de l'étain. On utilise une cathode en plomb, non électroactive dans l'eau, et une anode qui plonge dans une solution d'argent à  $10^{-3}$  mol/L contenant des ions  $\text{Sn}^{4+}$ .

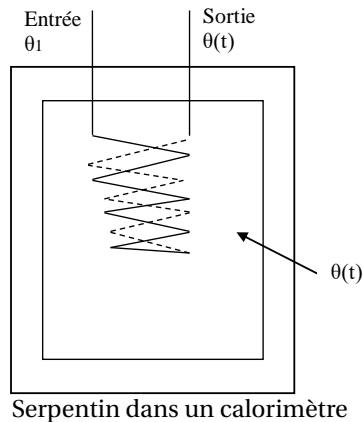
On nous donne :

- $\text{pH} = 3$
- $E^\circ(\text{Sn}^{4+}/\text{Sn}) = 0,05 \text{ V}$
- $E^\circ(\text{Ag}^+/\text{Ag}) = 0,8 \text{ V}$
- Une surtension anodique :  $0,8 \text{ V}$  pour l'eau
- Une surtension cathodique :  $-0,5 \text{ V}$  pour l'eau

1. Sachant que le  $Z$  de l'étain est de 50, justifier le degré d'oxydation +4 de l'étain.
2. Lister les réactions possibles.
3. Tracer  $i = f(E)$ .
4. Pourquoi les ions argent posent problème?

**295 – Serpentin dans un calorimètre (Labat1-2018)**

1. On met une masse  $M$  de liquide de capacité thermique massique  $c$  à la température  $\theta_1 = 70^\circ\text{C}$  dans un calorimètre rempli d'eau de capacité thermique  $C$  à la température  $\theta_0 = 25^\circ\text{C}$ . Quel est la température finale  $\theta_2$ ?



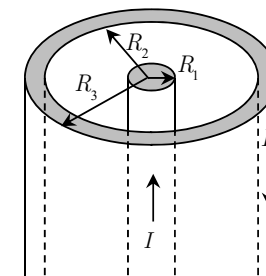
2. On a un serpentin dans lequel on fait circuler le liquide introduit précédemment avec un débit  $D_m$ . On néglige la capacité thermique du serpentin. On place ce serpentin dans le même calorimètre rempli d'eau. La température  $\theta(t)$  de l'eau dans le calorimètre est supposée homogène quelque soit le temps.

- a. Si  $\theta_1 > \theta_0$ , montrer que la température du calorimètre (qui est aussi la température de sortie du fluide)  $\theta(t)$  est une fonction croissante.
- b. On note le  $t_f$  le temps au bout duquel la masse  $M$  de fluide est passée dans le serpentin et note  $\theta_3$  la valeur de  $\theta(t)$  à cet instant. Déterminer  $t_f$ . Comparer sans calcul  $\theta_3$  à  $\theta_2$ .
- c. L'expression de  $\theta(t)$ ? Et  $\theta_3$ ?

**296 – Câble coaxial (Labat2-2018)**

On considère un câble figure 296, constitué d'un conducteur cylindrique de rayon  $R_1$  entouré d'un deuxième conducteur coaxial de rayon intérieur  $R_2$  et de rayon extérieur  $R_3$ . Aucun courant ne circule entre les deux conducteurs. Un courant d'intensité  $I$  circule dans le cylindre intérieur et un courant de même intensité  $I$  circule dans la périphérie, mais en sens inverse. La longueur du câble est grande devant son diamètre.

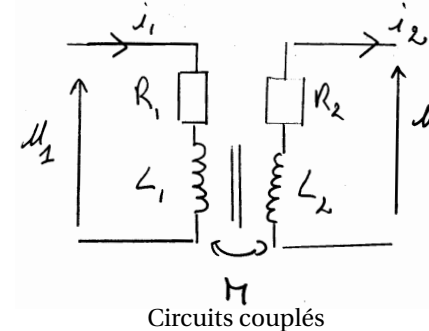
1. Déterminer les densités de courant  $\vec{j}$  pour le conducteur intérieur et  $\vec{j}'$  pour le conducteur extérieur.
2. Calculer  $\vec{B}(M)$  en tout point de l'espace.
3. Tracer  $\|\vec{B}(M)\|$  en fonction de la distance  $r$  de  $M$  à l'axe du câble. Le champ magnétique subit-il des discontinuités? Aurait-on pu le prévoir dès le début de l'exercice?



Câble coaxial

**297 – Étude de circuits couplés (Lahens1-2018)**

Un circuit avec une résistance  $R_1$  en série avec une bobine  $L_1$  et soumis à une tension  $U_1$  est couplé avec un second circuit identique (Voir figure 298)



1. Inductance mutuelle  $M = k\sqrt{L_1 L_2}$ . Comment s'appelle  $k$ ? Quelle est son unité? Son domaine de variation? Sa valeur pour un transfo idéal? (Le jury ne savait si c'était au programme)

- $u_2 = 0$ . Trouver une équation entre  $u_1$ ,  $i_1$  et  $i_2$ . Et une autre en  $i_1$  et  $i_2$
- En passant en complexe trouver un circuit équivalent et la valeur de  $R_{eq}$  et  $L_{eq}$  vus depuis la tension  $u_1$ .
- $R_2 \ll L_2\omega$ , simplifiez.
- Non traitée (il fallait expliquer ce qu'il se passe physiquement et notamment pour  $R_{eq}$  qui augmente et  $L_{eq}$  qui diminue).

### 298 – Corrosion différentielle du fer (Lahens2-2018)

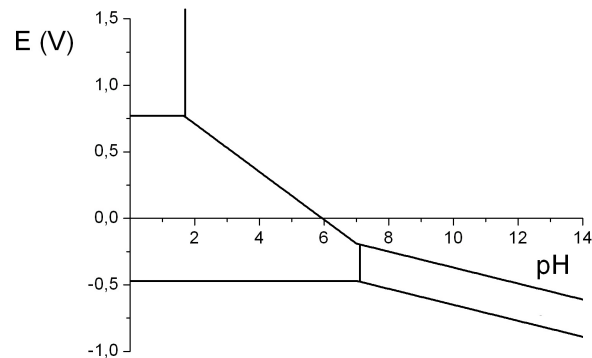
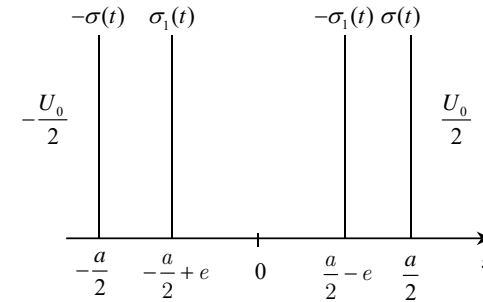


Diagramme du Fer

- Définition de la corrosion différentielle.
- Complétez le diagramme avec les bonnes espèces Fe,  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ , FeO et  $Fe_2O_3$ . (J'ai un doute sur le dernier mais il n'est pas important le jury ne m'a pas demandé de le placer).
- Le fer est-il stable dans l'eau? (courbe de l'eau étaient données).
- Soit un bout de fer fissuré dans de l'eau, expliquez ce qu'il se passe.

### 299 – Solution ionique dans un condensateur (Laurent1-2018)

Deux armatures face à face chargées en surface avec une solution ionique entre les deux qui limitée entre  $-\frac{a}{2} + e$  et  $\frac{a}{2} - e$ . Lorsque l'on applique une différence de potentiels  $U_0 > 0$  entre les deux armatures, les ions migrent vers celles-ci et forment deux autres armatures chargées en regard avec les deux déjà présentes.



Solution ionique dans un condensateur

- Donner le signe de  $\sigma_1(t)$ .
- Déterminer le champ  $\vec{E}$  en tout points de l'espace dans le cas d'un plan en surface (cas du cours). Par analogie déterminer le champ  $\vec{E}$  en tout points dans le cas de la distribution de l'exercice.
- Que vaut  $\sigma_1(t)$  quand  $t \rightarrow \infty$ ?
- Donner la relation entre le champ  $\vec{E}$  et le potentiel  $V$ . En déduire une relation entre  $a$ ,  $e$ ,  $U_0$ ,  $\sigma(t)$  et  $\sigma_1(t)$ .
- Pas traitée...

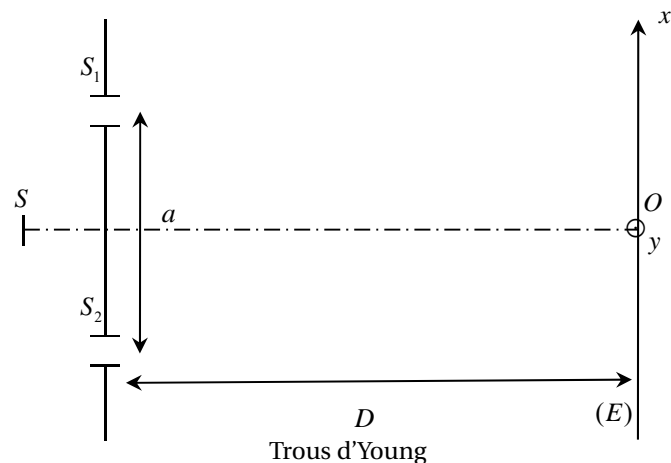
### 300 – Énergie d'une liaison (Laurent2-2018)

L'énergie nécessaire pour briser une liaison covalente entre deux atomes est  $E_0 = 350 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ . Données :  $\mathcal{N}_a$  (constante d'Avogadro),  $c$  (célérité de la lumière),  $h$  (constante de Planck)

- Donner la relation entre l'énergie  $E$  et la longueur d'onde  $\lambda$ . Faire l'application numérique et déterminer la longueur d'onde minimale pour briser une liaison.
- Pour quelle raison en chirurgie lors d'opérations des yeux n'utilise-t-on pas des longueurs d'onde du visible?
- Citer d'autres utilisations d'ondes UV et leurs modes d'émissions.

### 301 – Trous d'Young (Leclercq-2018)

On considère des trous d'Young avec  $D \gg a$ .



- Qu'observe-t-on à l'écran? Quelle est la différence avec des fentes d'Young? Exprimer l'éclairement sur l'écran en fonction de  $x$  (il m'a demandé de démontrer la différence de marche).
- La source est maintenant de la lumière blanche. On considère le point  $M_0$  en  $x_0 = 5$  mm,  $a = 1$  mm et  $D = 1$  m. Trouver les valeurs de  $\lambda$  pour avoir du noir en  $M_0$ .
- $M_0$  devient source ponctuelle pour un réseau.
  - Que se passe-t-il? Où doit-on placer les lentilles? Formule et conditions pour les réseaux.
  - Applications possibles?

### 302 – Chauffage d'un fluide au butane (Leclercq2-2018)

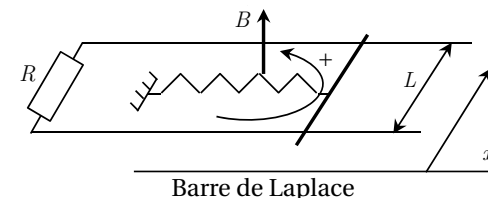
On a un débit  $D_m = 1 \text{ g}\cdot\text{s}^{-1}$  de butane et  $D'_m$  d'oxygène.

Corps	$\text{C}_4\text{H}_{10}(\text{g})$	$\text{CO}_2(\text{g})$	$\text{H}_2\text{O}(\text{g})$
$\Delta_f H^\circ$ (kJ/mol)	-124,8	-393,5	-241,8
$C_{p,m}^\circ$ J·mol <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup>		37,1	33,6

- Écrire la réaction entre butane et oxygène, trouver  $D'_m$  pour avoir des proportions stœchiométriques.
- Calculer  $\Delta_r H^\circ$ , réaction exothermique ou endothermique?
- Puissance reçue par l'écoulement. Question de l'examinateur : relation entre  $\Delta H$  et  $\Delta_r H^\circ$
- Déterminer l'élévation de température de l'écoulement.

### 303 – Induction dans un rail de Laplace (Leger1-2018)

Une barre de masse  $m$  peut glisser sans frottements sur deux rails parallèles, figure 303. Les deux rails et la barre forment un plan horizontal. Les seuls mouvements possibles de la barre sont des translations rectilignes parallèlement à la direction des rails notée  $Ox$ . L'origine des abscisses est prise lorsque le ressort est au repos. À l'instant initial, l'abscisse de la barre est égale à  $a$  (avec  $a > 0$ ) et la barre est lâchée sans vitesse initiale.



L'ensemble est plongé dans un champ magnétique stationnaire et uniforme. On définit un sens de circulation positive sur le circuit comme indiqué sur la figure. Si un courant parcourt le circuit, l'intensité sera comptée positivement si et seulement si le courant circule effectivement dans le sens positif choisi. On posera  $\tau = \frac{Rm}{B^2 l^2}$ .

- Équation mécanique et électrique
- Équation différentielle
- Résolution (avec  $Q$  très grand devant 1) (question en plus : quel type de fonction c'est? Sinusoïdale amorti. est ce que ça va vite s'amortir? Il m'a demandé d'exprimer l'oscillation et l'amortissement)
- Tracer la courbe.
- Bilan de puissance

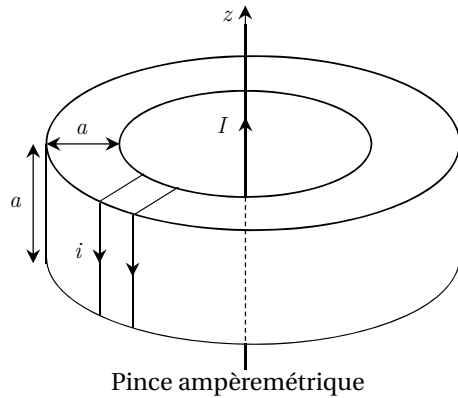
### 304 – Cylindrique et champ disruptif (Leger2-2018)

On donne  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F}\cdot\text{m}^{-1}$  et le champ disruptif de l'air  $E_0 = 3 \cdot 10^5 \text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$ , c'est à dire le champ à partir duquel l'air s'ionise et devient conducteur.

- Déterminer le champ  $\vec{E}$  à l'extérieur d'un cylindre de rayon  $R$  et de longueur  $L$  chargé en surface  $\sigma$ , on a  $R \ll L$  donc on néglige les effets de bord.
- Où le champ est-il maximum?
- Quelle est la valeur maximale de  $\sigma$  pour ne pas avoir d'ionisation de l'air?

### 305 – Pince ampèremétrique (Limal-2018)

On modélise une pince ampèremétrique par un tore parcouru par un courant  $I_2 = i_0 \cos(\omega t)$  de résistance  $R$ , et un fil parcouru par  $I_1 = I_0 \cos(\omega t)$  de résistance  $r_a$ . Le tore possède  $10^4$  spires, de rayon intérieur  $2a$  et extérieur  $3a$ .

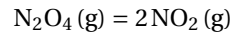


Pince ampèremétrique

1. Montrer que  $\vec{B}$  global est selon  $\vec{u}_\theta$ . Calculer le champs *total*  $\vec{B}$  à l'intérieur du tore.
2. Calculer le flux à travers une spire puis à travers une spire. En déduire l'inductance mutuelle, l'inductance du tore et la force électromotrice.
3. Déterminer la fonction de transfert  $H = i/I$ , et dire à quel est l'intérêt d'un tel montage.

**306 – Dissociation du tétraoxyde de diazote (Lima2-2018)**

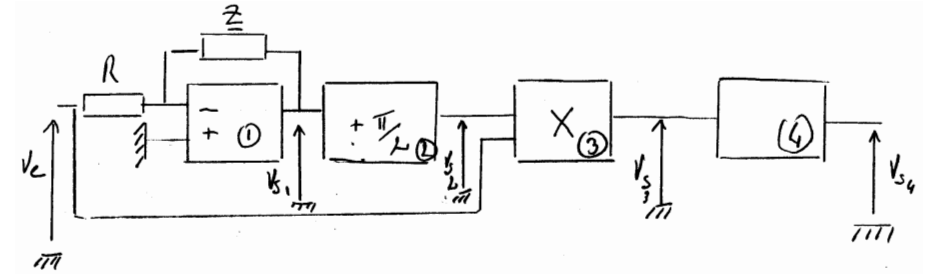
Réaction de dissociation du tétraoxyde de diazote  $N_2O_4$  en dioxyde d'azote  $NO_2$  en phase gazeuse selon :



1. On donne pour une quantité initiale  $n_0 = 1$  mole, à l'équilibre  $T = 298$  K,  $V = 10$  L et  $P = 2,94$  bar. En déduire l'avancement  $\xi$ .
2. Calculer  $\Delta_r G^\circ$ .
3. Sachant que  $\Delta_r H^\circ$  est constant, comment le déterminer au laboratoire en ayant un capteur de pression, un récipient de volume 1 L, un thermostat à température réglable.

**307 – Détection synchrone de réactance (Mendes1-2018)**

On considère le schéma bloc de la figure 307 pour déterminer la réactance  $X$  du dipôle  $\underline{Z}$ .



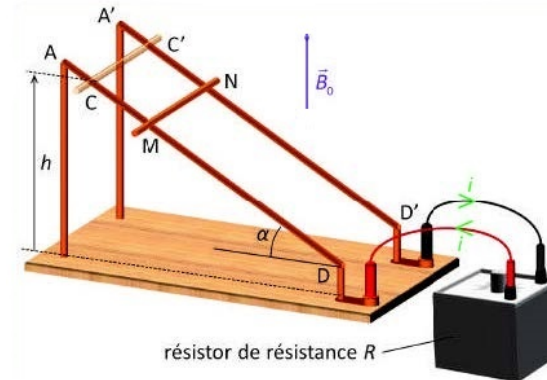
Détection synchrone de réactance

Pour cela, on alimente le circuit avec  $v_e = V_{em} \cos(\omega t)$ , l'impédance s'écrit  $\underline{Z} = R + jX = Z e^{j\varphi}$ .

1. a. Déterminer la relation entre  $Z$ ,  $X$  et  $\varphi$ .  
b. Donner les valeurs de  $\varphi$  en fonction du signe de  $X$ .  
c. Quel composant possède une réactance négative?
2. Déterminer l'expression de  $v_{s1}(t)$ .
3. Déterminer l'expression de  $v_{s2}(t)$  en sortie du déphaseur.
4. Déterminer l'expression de  $v_{s3}(t)$  en sortie du multiplieur de gain  $k$ .
5. Le bloc 4 est un filtre passe-bas qui coupe tous ce qui se trouve au-delà de la pulsation  $\omega$ . Déterminer  $v_{s4}(t)$  et montrer que si l'on connaît  $R$ ,  $V_{em}$ , la mesure de  $v_{s4}(t)$  permet de mesurer  $X$ . Quel est la nature du signal  $v_{s4}(t)$ .

**308 – Freinage par induction d'une barre (Mendes2-2018)**

Une barre mobile de masse  $m$  est lâchée avec une vitesse initiale  $v_0$  sur des rails de Laplace inclinés, figure 308. À  $t = 0$  la barre est en  $CC'$ , et à l'instant  $t$  en  $MN$ . La distance  $MN = L$ . Les rails et la barre sont sans résistance.

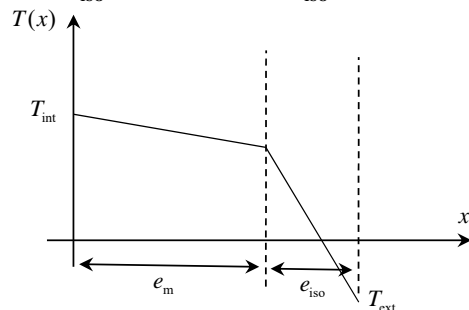


Freinage par induction d'une barre

- Déterminer l'équation  $v(t)$  de la vitesse de la barre et tracer sa courbe.
- Sans calcul, quel aurait été la courbe de la vitesse si la barre est lâchée sans vitesse initiale?

### 309 – Conduction à travers un mur (Moreno1-Calvet-2018)

On a un mur en béton de surface  $S$  d'épaisseur  $e_m$  et de conductivité  $\lambda_m$  doublé d'une couche d'isolant d'épaisseur  $e_{iso}$  de conductivité  $\lambda_{iso}$ .



Conduction à travers un mur

On donne les valeurs de  $\lambda_m = 0,92 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ,  $\lambda_{iso} = 0,04 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ,  $e_m = 20 \text{ cm}$ ,  $e_{iso} = 8 \text{ cm}$ ,  $T_i = 10 \text{ celsius}$ ,  $T_{ext} = -15 \text{ celsius}$ .

- Exprimer  $\Phi(x)$  en fonction de  $\lambda$ ,  $S$ , que devient  $\Phi(x)$  en régime stationnaire?
- Est-ce cohérent d'avoir une variation affine de la température?
- Donner la résistance thermique du mur, de l'isolant, de l'ensemble mur+isolant.
- Calculer la température à l'interface mur/isolant en fonction de  $T_i$ ,  $T_{ext}$  et des épaisseurs  $e_m$  et  $e_{iso}$ , application numérique, est-ce cohérent avec le graphique?
- Qu'a-t'on négligé avec ce modèle?
- Sachant que le béton a une masse volumique de  $2000 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  et une capacité thermique de  $1000 \text{ SI}$ , le modèle régime permanent est il toujours valable?

### 310 – Onde électromagnétique dans un métal (Moreno2-Calvet-2018)

Soit un métal de conductivité  $\gamma$  occupant l'espace  $z > 0$ . Dans le métal on donne  $\vec{j} = j_0 e^{-\frac{z}{\delta}} \cos(\omega t - \frac{z}{\delta}) \vec{e}_x$  et  $\delta = \sqrt{\frac{2}{\mu_0 \gamma \omega}}$ .

- Donner le lien entre  $\vec{j}$  et  $\vec{E}$ , donner l'unité de  $\delta$  et dire ce qu'il représente.
- Donner l'expression de  $\vec{B}$  grâce à une équation de Maxwell.
- On s'intéresse à la propagation de l'énergie dans un parallélépipède de coté  $a$  selon  $x$ ,  $b$  selon  $y$  et infini selon  $z$ . Calculer la valeur moyenne de la puissance  $P$  fournie par l'onde au métal en  $z = 0$

- Calculer  $\langle P_j \rangle$  la puissance joule, comparer les deux grandeurs, commentaire.

### 311 – Death star (Ringuenet1-2018)

On s'intéresse à l'étoile de la mort dont le rayon vaut  $R_0$ , de masse volumique  $\rho$  constante, figure 311. On suppose qu'à la surface règne une intensité de champ gravitationnel  $g_s$ , sur une épaisseur de 2 km qui correspond à la zone habitable. La masse molaire de l'air vaut  $29 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  et la pression à la surface vaut 1 bar.

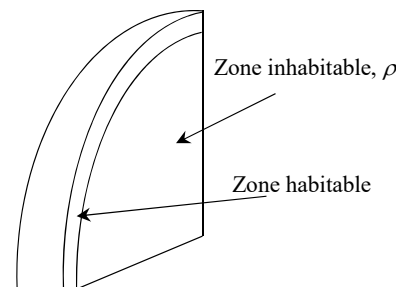


Schéma de l'étoile de la mort

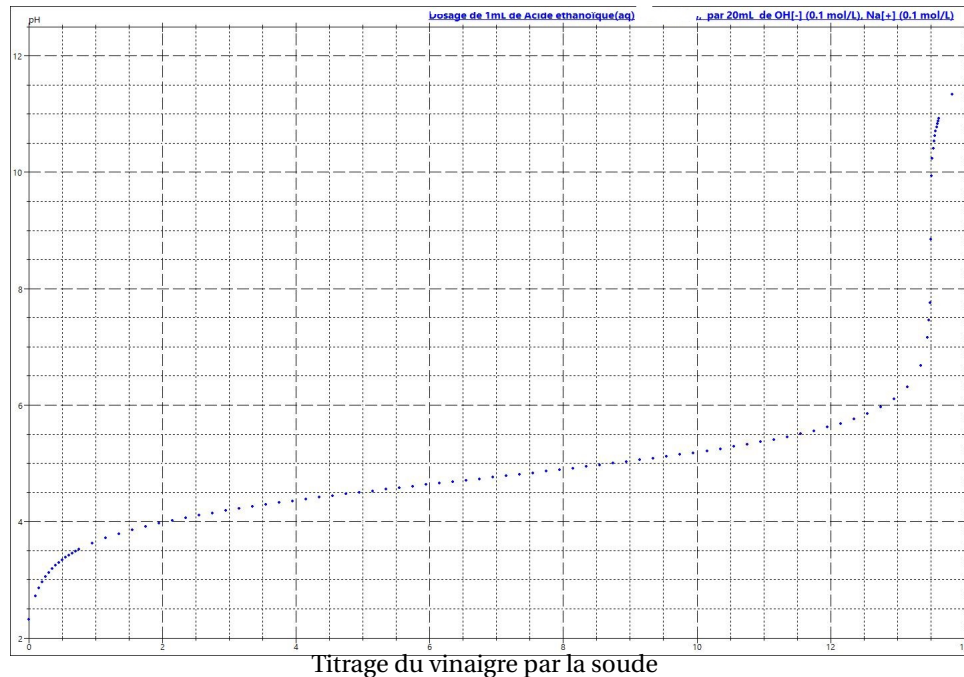
- Établir l'équation fondamentale de la statique des fluides.
- Calculer la pression de l'air dans la zone habitable.
- Établir le champ gravitationnel pour  $r \leq R_0$  en fonction de  $G$ ,  $r$ , puis en fonction de  $g_s$ ,  $R_0$  et  $r$ . Calculer la pression dans l'étoile de la mort en supposant que la zone inhabitable est un fluide.
- Le réacteur se trouve au centre, au cœur de l'étoile. On suppose que l'air circule depuis la surface par des conduits, calculer la pression de l'air au niveau du réacteur. Si le candidat se sent capable, on pourra poser  $T(r) = T_0 + ar^2$ .

### 312 – Dosage du vinaigre (Ringuenet2-2018)

L'acide éthanoïque se trouve partout, et surtout dans le vinaigre avec un indice de  $8^\circ$  (il faut comprendre 8 g d'acide éthanoïque dans 100 g de vinaigre). On titre 1 mL de vinaigre avec de la soude à  $0,1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ .

On a  $M(\text{C}) = 12 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ,  $M(\text{O}) = 16 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ , masse volumique du vinaigre  $\rho = 1,02 \text{ g/mL}$ .

- Calculer la concentration attendue dans un vinaigre à  $8^\circ$ .
- Vérifier avec la courbe de titrage que la concentration est la bonne.



3. Évaluer le pH à la demi-équivalence. Commenter ce que représente sa valeur.
4. Calculer le pH initial. commenter.

### 313 – Remorquage d'un iceberg (Scamps2-2018 ressemble 23-2015-Feuillon)

Un projet lancé dans les années 60 visait à remorquer un iceberg depuis le pôle nord jusqu'aux îles Canaries. On donne :

- $\rho_{\text{glace}} = 900 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$
- capacité thermique de la glace  $c_s = 2,06 \text{ kJ}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,
- masse de l'iceberg :  $m = 10$  millions de tonnes
- temps de trajet :  $T = 140$  jours
- $h_{\text{air}/\text{glace}} = 5 \text{ W}/\text{m}^2/\text{K}$
- $h_{\text{eau}/\text{glace}} = 102 \text{ W}/\text{m}^2/\text{K}$
- $P_{th} = h(T - T_s)S$
- $\ell_{\text{fusion}} = 333 \text{ kJ}/\text{kg}$
- Température initiale de l'iceberg  $T_{\text{ini}} = -10$  celsius

1. Pourcentage du glacier émergé?
2. Pourcentage du glacier qui fond en un jour?

3. Au bout de 140 jours il reste quoi?

### 314 – Tension de claquage d'une condensateur sphérique (Scamps2-2018)

$$E_{\text{claquage}} = 20 \text{ kV}/\text{m}, \epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F}\cdot\text{m}^{-1}.$$

Les nuages se forment entre 2 km et 20 km du sol.

1. Déterminer  $\vec{E}$  dans le cas du condensateur sphérique.
2. Déterminer  $V_1 - V_2$ .
3. Déterminer  $C$  et sa valeur numérique.
4. On a un courant  $i = 50 \text{ kA}$  pendant  $dt = 10 \text{ ms}$  : calculer l'énergie d'un éclair.

### 315 – Étude d'une goutte de pluie qui tombe sur de la neige (Sendou1-2018)

On considère la goutte comme une sphère parfaite indéformable de rayon  $R = 1 \text{ mm}$ . Lorsqu'elle tombe (dans le ciel) la goutte est à la température  $T_i = 10^\circ\text{C}$ . La neige au sol est comme l'air à la température  $T_e = -5^\circ\text{C}$ . Le flux thermique sera noté  $d\Phi = h(T_e - T_{\text{fluide}})dS$ . On suppose que la température est uniforme dans la goutte.

1. Faire un bilan thermique à la goutte lors de la chute et retrouver l'équation différentielle suivante :  $T(t) = T_e + (T_i - T_e) \exp(-t/\tau)$ . Trouver l'expression de  $\tau$ .
2. Déterminer le temps nécessaire pour que la goutte soit à la température de  $-5^\circ\text{C}$  à l'état liquide (état appelé surfusion).
3. Lors de l'impact au sol, la goutte liquide à  $-5^\circ\text{C}$  qui est dans un état métastable appelé surfusion devient partiellement solide. Calculer le pourcentage  $x$  de la goutte qui s'est solidifié ou qui est resté liquide.

Donnée :

- $\Delta_{\text{fus}}h = 3,35 \cdot 10^2 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$  enthalpie massique de fusion de la glace à  $0^\circ\text{C}$ ,
- capacité thermique de l'eau liquide  $c_\ell = 4,18 \text{ kJ}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,
- capacité thermique de la glace  $c_s = 2,06 \text{ kJ}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,
- $M = 18,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  masse molaire de l'eau.
- coefficient de Newton  $h = 25 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$

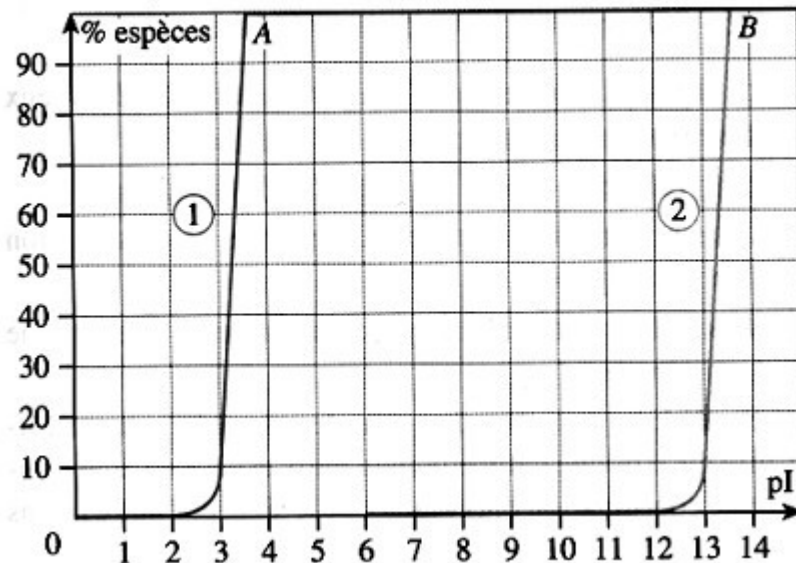
### 316 – Compétition entre précipités (Sendou2-2018)

L'allure du diagramme avec ses points anguleux A et B est caractéristique du phénomène de rupture d'équilibre qu'est l'apparition ou la disparition d'un précipité.

En présence d'ions iodeure, les ions  $\text{Pb}^{2+}$  donnent un précipité jaune et les ions  $\text{Hg}^{2+}$  un précipité rouge-orangé.

Lorsqu'on ajoute goutte à goutte une solution contenant des ions  $\text{Hg}^{2+}$  dans un tube à essais contenant un précipité d'iodure de plomb, le précipité devient rouge-orangé dès les premières gouttes.

1. Que peut-on conclure de cette dernière observation? Écrire l'équation de la réaction (R) qui modélise le phénomène.
2. Le document 2 correspond à la simulation de l'ajout d'une solution d'ions iodure à une solution équimolaire en ions  $\text{Pb}^{2+}$  et  $\text{Hg}^{2+}$ , toutes deux à  $0,100 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ . Les graphes tracés représentent le pourcentage de cations métalliques présents dans la solution en fonction de  $\text{pI} = -\log[\text{I}^-]$ .

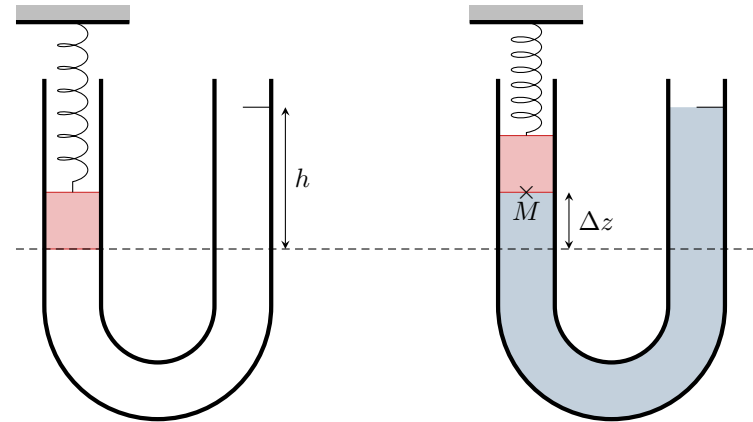


Pourcentage de cations métalliques présents dans la solution en fonction de  $\text{pI}$

- a. Identifier les deux courbes tracées (bien noter que les courbes 1 et 2 sont strictement égales à 100 % à droite des points A et B respectivement).
- b. Que représentent les points anguleux? En déduire les produits de solubilité de  $\text{PbI}_2$  et  $\text{HgI}_2$ .
- c. Déterminer la constante d'équilibre de la réaction (R).

### 317 – Mesure de la masse volumique d'un fluide (Sentucq1-Querejeta1-2018)

On dispose dans un tube en U un bouchon de masse  $m$  et de section  $S$  égale à la section du tube dans lequel il oscille sans frottement. Un ressort de raideur  $k$  est accroché d'une part au bouchon et d'autre part à un point fixe, voir figure 317. Une graduation se trouve à une hauteur  $h$  au dessus de la position initiale du bouchon. On note  $\Delta L$  son allongement dû à la pesanteur.



Dispositif de mesure de la masse volumique d'un fluide

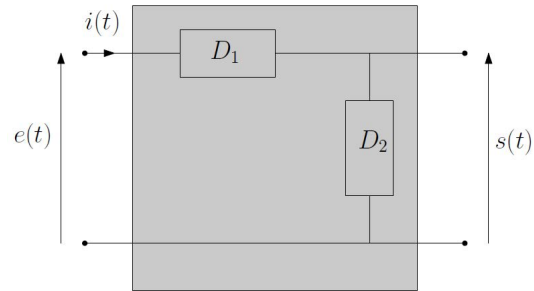
1. Exprimez  $\Delta L$  en fonction de  $m$  et  $k$  dans le cas où il n'y a pas de fluide.

On remplit le tube d'un liquide de masse volumique  $\rho$  inconnue jusqu'à la graduation. Le bouchon remonte de  $\Delta z$  par rapport à sa position initiale. On note  $P$  la pression au niveau du point  $M$  et  $P_{\text{atm}}$  la pression atmosphérique.

2. En utilisant la relation fondamentale de l'hydrostatique, déterminer  $P(M)$  en fonction de  $P_{\text{atm}}$ ,  $h$  et  $\rho$ .
3. Déterminer  $\rho$  littéralement en fonction des données du problème.
4. Calculer  $\rho$  pour un tube de diamètre  $d = 2 \text{ cm}$ , avec  $\Delta z = 1 \text{ cm}$ ,  $h = 10,7 \text{ cm}$  et  $k = 30 \text{ N}\cdot\text{m}^{-1}$ .

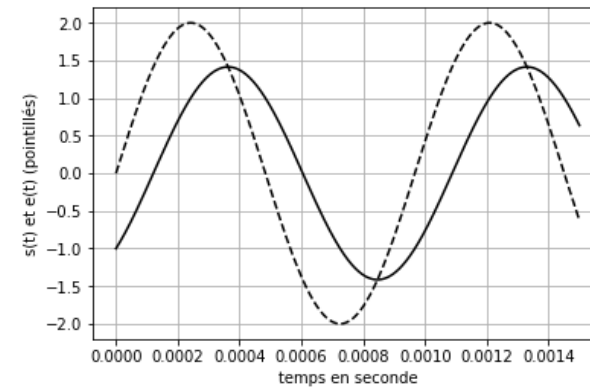
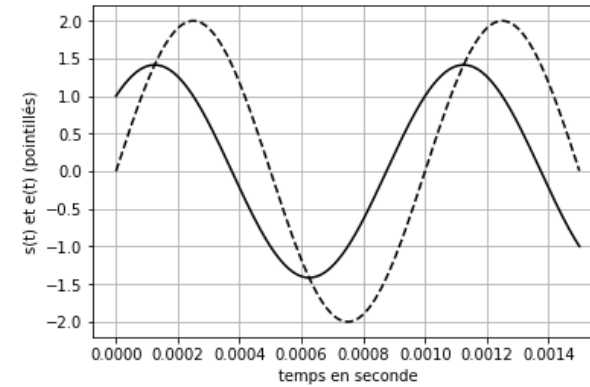
### 318 – Dipôles inconnus (Sentucq2-Querejeta2-2018)

Un quadripôle constitué de deux dipôles ( $D_1$ ) et ( $D_2$ ), disposés comme l'indique la figure 318, contient les trois dipôles suivants : une résistance  $R$ , un condensateur de capacité  $C$  et une bobine d'inductance  $L$ . Seules les bornes d'entrée et de sortie du quadripôle sont accessibles à l'expérimentateur. Des expériences sont réalisées pour déterminer la nature du quadripôle :



Disposition des dipôles dans le quadripôle inconnu

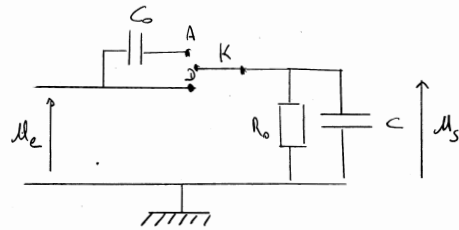
- L'entrée est reliée à une pile de f.e.m.  $E_0 = 5\text{ V}$  et de résistance interne nulle, la sortie étant ouverte. On mesure  $i = 15\text{ mA}$ .
- L'entrée est reliée à un générateur de tension sinusoïdale  $e(t) = E_0 \cos(\omega t)$ . On fait obtenir les deux chronogrammes figure 318.

Courbe  $e(t)$  (en pointillés) et  $s(t)$  pour deux fréquences

1. Montrer qu'il s'agit d'un passe-bande.
2. Rappeler de la forme de la fonction de transfert d'un passe-bande.
3. Déterminer la disposition des composants dans le quadripôle ainsi que la valeur numérique de ces composants. Donner l'expression du facteur de qualité  $Q$  et commenter sa dépendance avec  $R$ .
4. Dans quel cas ce montage transforme :
  - un signal crête en un signal triangulaire de même fréquence?
  - un signal triangulaire en un signal crête de même fréquence?
  - un signal crête en un signal sinusoïdal de même fréquence? Est-ce possible de tripler la fréquence de sortie?

### **319 – Filtrage d'un oscilloscope (Venereau1-2018)**

Utiliser oscilloscope en mode AC pour obtenir un signal qui n'a plus de composante continue, on utilise un filtre passe haut.



Couplage de l'oscilloscope

Pour coupler l'oscilloscope figure 319 avec un circuit, on met :

- $K$  sur borne  $A$  : en mode AC
- $K$  sur borne  $D$  : mode normal

1. Fonction de transfert du montage et la mettre sous la forme  $\underline{H} = \frac{H_0 j \frac{f}{f_b}}{1 + j \frac{f}{f_b}}$ . Ce montage réalise-t-il ce que l'on veut? Question en plus : Quel type de filtre est-ce?
2. On a un signal d'entrée :  $E + E \cos(200\pi f_b t)$ . Donner le signal de sortie  $D$  de même avec :  $E + E \cos(2\pi f_b t)$
3. a. On envoie un signal crêteaux de valeur moyenne non nulle en entrée avec  $f > 20f_b$  on obtient en sortie un signal crêteaux de valeur moyenne nulle. Interpréter.  
b. On envoie un signal triangulaire de valeur moyenne non nulle avec  $f \ll f_b$ , on obtient un signal crêteaux de valeur moyenne nulle, conclusion?

### 320 – Détection d'un champ électrique (Venereau2-2018)

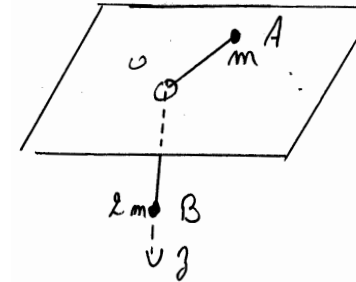
1.  $\vec{E} = E_0 \cos(\omega t - kz) \vec{u}_x$ . Caractériser ce champ.
2. Ce champ arrive sur un plan métallique (zone des  $z > 0$ ). Déterminer le champ réfléchi à l'aide de relation de passage sachant que la composante tangentielle du champ se conserve (on ne nous donnait pas la relation). Montrer qu'il s'annule en certains endroits, pour cela calculer le champ total. Que vaut la distance entre 2 points qui s'annulent? Le champ a une fréquence de 900 MHz.  
Donnée :  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .
3. On a un cadre métallique carré de  $n$  spires et de côté  $a = 4 \text{ cm}$  parallèle au plan  $xOz$ . On mesure la tension efficace avec un voltmètre d'impédance infinie. Quelle grandeur mesure-t-on? La calculer? Que se passe-t'il quand on déplace le cadre?

### 321 – Masses reliées par un fil (Walter1-2018 ressemble à Dorange1-2015)

On considère deux points matériels  $A$  (de masse  $m$ ) et  $B$  (de masse  $2m$ ) reliés par un fil inextensible de longueur  $L$ , figure 321. Les points matériels ne subissent aucun frottements.

Le fil traverse une plaque horizontale (sur laquelle est posé le point  $A$ ) en  $O$  supposé ponctuel. (Pas de frottement en  $O$ )

À  $t = 0$ , le point  $B$  n'a pas de vitesse et  $A$  une vitesse orthoradiale noté  $v_A = v_0$ .



2 masses reliées par un fil

1. Déterminer la valeur de la vitesse  $v_0$  pour que le point  $B$  demeure immobile. Quel est alors le mouvement du point  $A$ .
2. Déterminer l'énergie mécanique du système en faisant apparaître l'énergie potentielle effective.
3. En raisonnant sur l'énergie potentielle effective, retrouver la valeur de la vitesse  $v_0$  pour que le point  $B$  demeure immobile.

### 322 – Sphère radioactive (Walter2-2018)

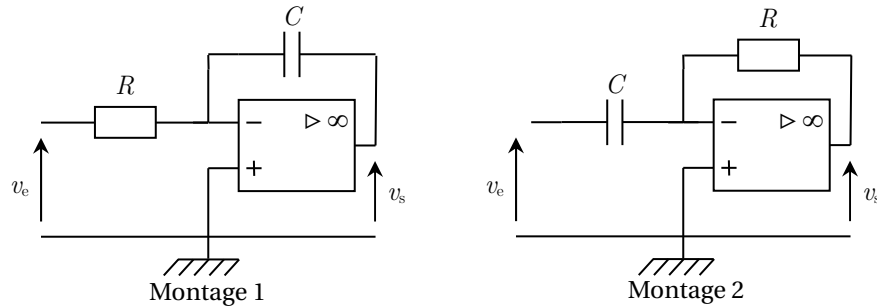
Une sphère radioactive supposée ponctuelle, émet des particules chargées alpha de façon isotrope dans tout l'espace. La loi de désintégration est  $dN = -\lambda N dt$ .

1. Retrouver la formule donnant la charge de la sphère initialement neutre :  $Q(t) = q_0(e^{-\lambda t} - 1)$ . Quelle est la signification de  $q_0$  et son signe?
2. Calculer les champs  $\vec{E}$  et  $\vec{B}$  dans tout l'espace.
3. À l'aide de l'équation de Maxwell-Ampère, déterminer l'expression de la densité de courant.

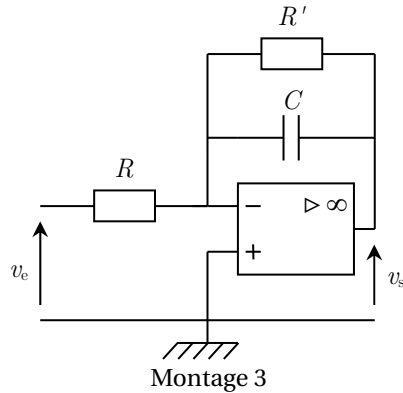
Oral 2017

### 323 – Intégrateur (Aries-Chahbazian-2017)

1. Déterminer les fonctions des deux montages figure 1 et 1.



2. Montrer que le montage 2 réalise une intégration sur une plage de fréquence donnée. Quel est l'avantage de ce montage comparé aux autres ?



**324 – Diode à vide pour amplificateur de guitare (Aries-Chahbazian-2017)**

On considère la triode sur le schéma 58. Deux plaques métalliques, de surfaces  $S$ , à une faible distance l'une de l'autre. On chauffe la cathode (surface notée  $C$ ), ceci décolle des électrons qui sont attirés par l'anode (surface  $A$ ), il y a donc circulation d'un courant. La distance entre les armatures sera notée  $a$ . On fabrique ainsi une diode à vide.

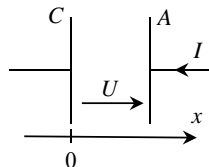


Fig. 58 – Schéma de la diode à vide

On suppose que l'on se trouve en régime permanent. On a :  $V_A > 0$ ,  $V_C = 0$  donc  $U = V_A - V_C > 0$ .

De plus  $\vec{j} = j(x)\vec{e}_x = \rho(x)v(x)\vec{e}_x$ .

1. En appliquant le théorème de l'énergie cinétique trouver une relation entre  $V(x)$  (potentiel) et  $v(x)$  (vitesse).
2. Établir la loi de Poisson.
3. Exprimer  $I$  en fonction de  $j$  et de  $S$ .
4. Montrer que  $\frac{d^2V}{dx^2} - \alpha V(x)^{-\frac{1}{2}} = 0$  et exprimer  $\alpha$  en fonction de  $I$ ,  $m$ ,  $\epsilon_0$ ,  $S$  et  $e$ .
5. La solution est de la forme  $V(x) = Kx^p$ , trouver les valeurs de  $p$  et  $K$ .
6. La fonction obtenue est-elle cohérente avec la courbe expérimentale figure 59 ? Expliquer la saturation.

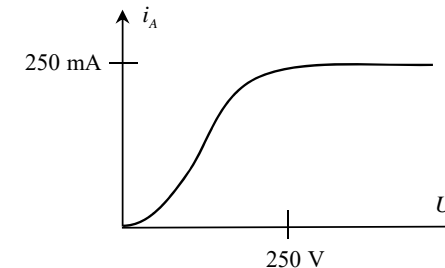
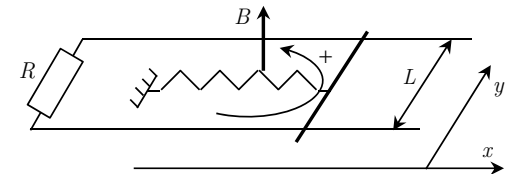


Fig. 59 – Courbe  $i$  en fonction de  $V$  de la diode

**325 – Modélisation d'un haut parleur (Boher-Moreno-2017) (05-308-b)**

On modélise un haut parleur par une barre de masse  $m$  peut glisser sans frottements sur deux rails parallèles. Les deux rails et la barre forment un plan horizontal. Les seuls mouvements possibles de la barre sont des translations rectilignes parallèlement à la direction des rails notée  $Ox$ . L'origine des abscisses est prise lorsque le ressort est au repos. À l'instant initial, l'abscisse de la barre est égale à  $a$  (avec  $a > 0$ ) et la barre est lâchée sans vitesse initiale.



Modèle du haut parleur

L'ensemble est plongé dans un champ magnétique stationnaire et uniforme. On définit un sens de circulation positive sur le circuit comme indiqué sur la figure. Si un courant parcourt le circuit, l'intensité sera comptée positivement si et seulement si le courant circule effectivement dans le sens positif choisi.

1. Écrire l'équation électrique et l'équation mécanique. En déduire l'équation différentielle vérifiée par l'abscisse  $x$  de la barre. On posera :  $\omega_o^2 = \frac{k}{m}$  et  $\tau = \frac{mR}{B^2 L^2}$ .

- Résoudre complètement cette équation si  $\omega_o \tau \gg 1$ .
- Tracer l'allure du graphe de  $x$  en fonction du temps  $t$ .
- Faire un bilan de puissance. Justifier l'égalité suivante :  $\int_0^{\infty} Ri^2 dt = \frac{1}{2} ka^2$ .

Question complémentaire : Origine de la force de Laplace. (Réponse : force de Lorentz qui s'exerce sur les porteurs qui est transmise au conducteur)

### 326 – Boule chargée - énergie libérée lors d'une fission (Boher-Moreno-2017)

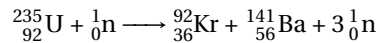
Dans le mécanisme de fission nucléaire, un neutron possédant une énergie cinétique réduite (neutron lent) vient heurter le noyau d'un élément fissile, en l'occurrence un noyau d'uranium 235 ( $^{235}_{92}\text{U}$ ). Sous le choc, ce noyau se décompose en noyaux plus légers en libérant de l'énergie, ainsi qu'un ou deux neutrons nécessaires à la poursuite de la réaction en chaîne.

Dans le modèle développé ci-après, l'énergie de fission trouve son origine dans la différence d'énergie potentielle électrostatique entre le noyau initial et les noyaux fils engendrés.

Selon le modèle dit de la goutte liquide, nous assimilons le noyau de  $^{235}_{92}\text{U}$  à une sphère de rayon  $a$ , de charge volumique uniforme  $\rho$  et de charge totale  $Q = Ze$ . Bien entendu, il ne s'agit que d'une interprétation grossière de la réalité.

- Calcul de  $\vec{E}$  en tout point de l'espace.
- Définition de  $u$  la densité d'énergie électromagnétique.
- Calculer l'énergie totale stockée  $U$  que l'on pourra exprimer en fonction de  $Z$ ,  $e$ ,  $a$  et  $\epsilon_0$ .

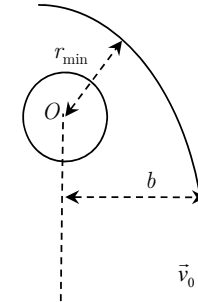
Soit la réaction de fission de l'uranium 235 :



- À partir de la définition de la densité de nucléon  $\mu = \frac{A}{V}$  supposée constante quelque soit l'élément, avec  $A$  le nombre de neutrons, calculer le rayon  $a_i$  pour les différents atomes en présence.
- Donner l'énergie produite lors de la fission si on néglige les énergies cinétiques des neutrons.

### 327 – Astéroïde en approche de la Terre (Boulard-2017)

On a un astéroïde de masse  $m$ , figure 327 en approche de la terre à une vitesse  $\vec{v}_0$ .



Astéroïde en approche de la terre

- Exprimer le moment cinétique de l'astéroïde par rapport à  $O$  le centre de la Terre.
- Le mouvement est-il plan ? Pourquoi ?
- Montrer que l'énergie mécanique de l'astéroïde se conserve, exprimer l'énergie potentielle effective de l'astéroïde qui ne dépend que de  $r$ .
- En déduire la distance minimale d'approche. En déduire la condition pour qu'il n'y ait pas d'impact.
- On a maintenant un flux de comètes en approche de la terre à la vitesse supposée constante  $\vec{v}_0$ , de concentration  $n$  en comètes/ $m^3$ . Calculer le nombre de comètes  $dn$  s'écrasant sur la terre pendant un temps  $dt$ .

### 328 – Voile solaire (Boulard-2017)

On a une voile solaire, que l'on considère comme un conducteur parfait. Un rayonnement solaire l'atteint, on considère l'onde comme une onde plane progressive harmonique.

- Déterminer le champ électromagnétique incident.
- Le texte rappelle les relations de passage
- Déterminer le champ électromagnétique réfléchi.
  - Déterminer la densité de courant surfacique.
  - Le champ électromagnétique exerce sur un élément de surface  $dS$  une force  $d\vec{F} = \frac{1}{2}(\sigma \vec{E} + \vec{j}_s \wedge \vec{B})dS$ . Déterminer la valeur moyenne de la force créée par le « vent solaire », c'est-à-dire de la force exercée par l'onde sur la voile. Application numérique pour une voile de surface  $S = 100 \text{ m}^2$  et une puissance rayonnée de  $1300 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ .

### 329 – Câble coaxial (Calvet-2017)

Un câble coaxial se compose de la façon suivante. Un fil conducteur de rayon  $R_1$  au centre, entouré d'un isolant de rayon  $R_2$ , lui-même entouré d'un autre conducteur de rayon  $R_3$  (donc entre les rayons  $R_2$  et  $R_3$ ). Le courant  $I$  arrive par le centre et revient par l'extérieur et est uniforme dans les conducteurs.

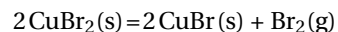
1. Calculer la densité de courant dans chaque gaine conductrice.
2. Calcul de  $\vec{B}$  en tout point.
3. Graphe de  $\vec{B}$ .
4. Question en plus : Si  $I$  est variable qu'est ce que cela change ?

### 330 – Volant d'inertie en rotation horizontale (Calvet-2017)

1. Définition de  $J_{\Delta}$  (il voulait la forme intégrale)
2. Le volant est relié à l'arbre moteur. Le moteur fournit un couple  $C_0$ , les frottements exercent un couple  $-h\omega$ . Initialement, vitesse nulle.
  - a. Déterminer l'équation différentielle du mouvement.
  - b. La résoudre. On notera  $\omega_0$  la valeur de la solution particulière.
  - c. Existe-t-il un régime permanent ? Si oui, au bout de combien de temps ?
3. On reprend l'étude précédente en supposant que, en raison de vibrations indésirables, le couple moteur n'est plus une constante mais est modulé à la fréquence  $\frac{\Omega}{2\pi}$  avec un taux de modulation  $\eta$  :  $C = C_0(1 + \eta \cos \Omega t)$ 
  - a. Établir l'équation différentielle définie par la fonction  $\varepsilon(t)$  telle que  $\omega(t) = \omega_0(1 + \varepsilon(t))$ .
  - b. Montrer que, au bout d'un temps suffisant  $\varepsilon(t)$  est une fonction sinusoïdale de pulsation que l'on cherchera sous la forme :  $\varepsilon = \alpha \cdot \cos(\Omega t - \phi)$ .
  - c. Déterminer  $\alpha$  et  $\phi$ .
  - d. On veut limiter les fluctuations de  $\omega$ . Calculer l'amplitude crête à crête  $\Delta\omega_{cc}$ . Pour les diminuer faut-il augmenter ou diminuer  $J_{\Delta}$  ?

### 331 – Dissociation du bromure de cuivre (II) (Chambon-2017(06-515))

Soit l'équilibre de dissociation du bromure de cuivre (II) selon l'équation-bilan :



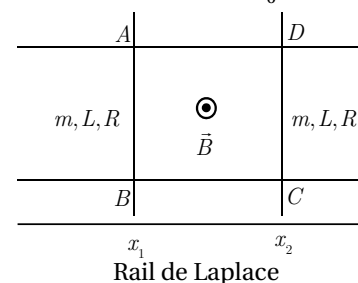
- À  $T_1 = 450 \text{ K}$ ,  $P_1(\text{Br}_2(\text{eq})) = 6,71 \cdot 10^{-3} \text{ bar}$ .
- À  $T_2 = 550 \text{ K}$ ,  $P_2(\text{Br}_2(\text{eq})) = 6,71 \cdot 10^{-1} \text{ bar}$ .

1. Calculer de la variance de l'équilibre.
2. Déterminer l'enthalpie libre standard  $\Delta_r G^\circ$  de cette réaction à  $T_1$  et à  $T_2$ .
3. On suppose  $\Delta_r H^\circ$  et  $\Delta_r S^\circ$  indépendants de la température, calculer les. Peut-on prévoir le signe de  $\Delta_r S^\circ$  ?
4. Dans un récipient initialement vide de volume  $V = 10,0 \text{ L}$  et maintenu à la température  $550 \text{ K}$ , on introduit  $0,5 \text{ mol}$  de bromure de cuivre (II).
  - a. Déterminer la composition du système à l'équilibre.

- b. Quel volume minimal faudrait-il donner au récipient pour que tout le bromure de cuivre disparaisse ?
5. Le récipient de volume  $10,0 \text{ L}$ , toujours à  $550 \text{ K}$  contient à présent  $0,5 \text{ mol}$  de bromure de cuivre (I) et  $0,1 \text{ mol}$  de dibrome. Le système évolue-t-il ?

### 332 – Rail de Laplace (Chambon-2017)

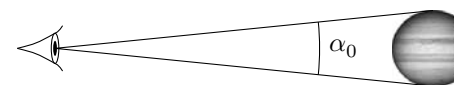
On place deux barres identiques figure 366 (masse  $m$ , longueur  $L$  et de résistance  $R$ ) sur deux rails immobiles (résistance nulle). Le tout est plongé dans un champ magnétique  $\vec{B}$  constant ascendant. On donne les conditions initiales suivantes :  $x_1(0) = 0$ ,  $x_2(0) = X_0$  et la barre 2 est soumise à l'instant initial à une vitesse  $V_0$ .



Déterminer l'énergie dissipée par les deux barres.  
Question : Méthode plus rapide ?

### 333 – Lunette pour observer Jupiter (Chastenet-2017)

Hyp : les trajectoires de la Terre et de Jupiter sont des cercles dont le centre est le soleil avec pour rayon respectifs  $R_T = 156 \cdot 10^6 \text{ km}$  et  $R_J = 780 \cdot 10^6 \text{ km}$ . Jupiter est modélisé par une sphère de rayon  $d_J = 140\,000 \text{ km}$ .



1. Déterminer l'angle  $\alpha_0$  maximum selon lequel on peut observer Jupiter depuis la Terre à l'œil nu, figure 333.
2. On considère une lunette composée d'une lentille convergente ( $L_1$ ) de focale  $f' = 2,35 \text{ m}$  et d'un capteur CCD que l'on peut régler en translation dans la direction de l'axe optique de la lentille.  
Comment régler la lunette pour pouvoir observer une image nette de Jupiter ? Faire les tracés et calculer la taille de l'image

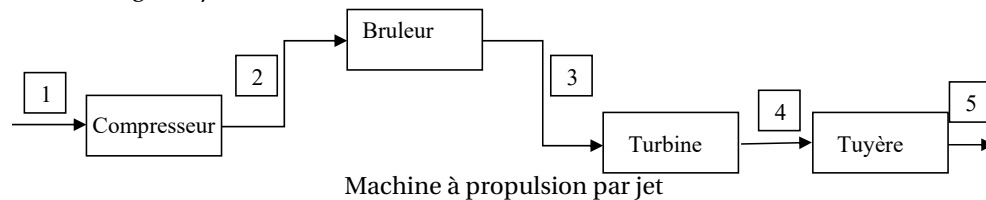
Pour obtenir une image plus grande, on rajoute ensuite dans la lunette une lentille divergente ( $L_2$ ) de distance focale  $f'_2$  placée à la distance  $D_{2c} = 200 \text{ mm}$  du capteur. La mise au point se fait en tradant l'ensemble ( $L_2$ -capteur), fixé sur le tube porte oculaire. On

notera  $D_{12}$  la distance entre  $(L_1)$  et  $(L_2)$  et on admettra que  $F'_1$  est situé entre  $(L_2)$  et le capteur. (questions suivantes non faites je ne me souviens plus exactement de ce qui était demandé)

- Comment faut-il choisir  $f'_2$  et à quelle valeur doit-on régler  $D_{12}$  pour que le dispositif produise sur le capteur de la caméra une image de Jupiter trois fois plus large que précédemment? Justifier le nom de "tripleur de focale".

### 334 – Propulsion par jet (Chastenet-2017)

Le fluide traversant le « cycle » est de l'air considéré comme un gaz parfait avec  $c_p = 1,0 \text{ kJ} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$  et  $\gamma = 1,4$ .



Toutes les transformations sont réversibles.

Le travail fourni à l'air dans la turbine est égale à celui nécessaire au fonctionnement du compresseur.

- 1-2 : compression adiabatique  $P_1 = 0,1 \text{ Mpa}$ ,  $P_2 = 1,0 \text{ MPa}$  et  $T_1 = 15^\circ \text{C}$
- 2-3 : combustion de carburant mais on considère qu'il n'y a que de l'air. Pression constante.  $T_3 = 1100^\circ \text{C}$
- 3-5 : Détente adiabatique  $P_5 = 0,1 \text{ MPa}$

- Diagramme  $(T, s)$  du cycle avec justifications.
- Travail reçu par l'air dans la turbine.
- Calculer la température  $T_4$  ainsi que la vitesse de l'air et température de l'air en sortie de tuyère.
- Comment définir l'efficacité de ce « cycle »? Calcul et commentaires.

### 335 – Exercice de cours sur la thermochimie (Gacioui-2017)

On avait une équation chimique et un tableau avec les  $\Delta_f H^\circ$  de chaque espèce (je ne me souviens ni de l'équation ni des valeurs numériques).

- Quelle est l'influence sur l'équilibre d'une augmentation de pression?
- Quelle est l'influence sur l'équilibre d'une augmentation de température?

Question additionnelle : Écrire le quotient de réaction en fonction de la pression totale.

### 336 – Expérience de Rüchardt (Gacioui-2017)

Le but l'expérience de Rüchardt est la détermination du  $\gamma$ . Pour cela, on utilise un flacon dans lequel il y a un gaz considéré comme parfait, avec  $\gamma = C_p/C_v$ , figure 60 et 61. On a une bille exactement de même diamètre que le tube. On lâche cette bille sans vitesse initiale.

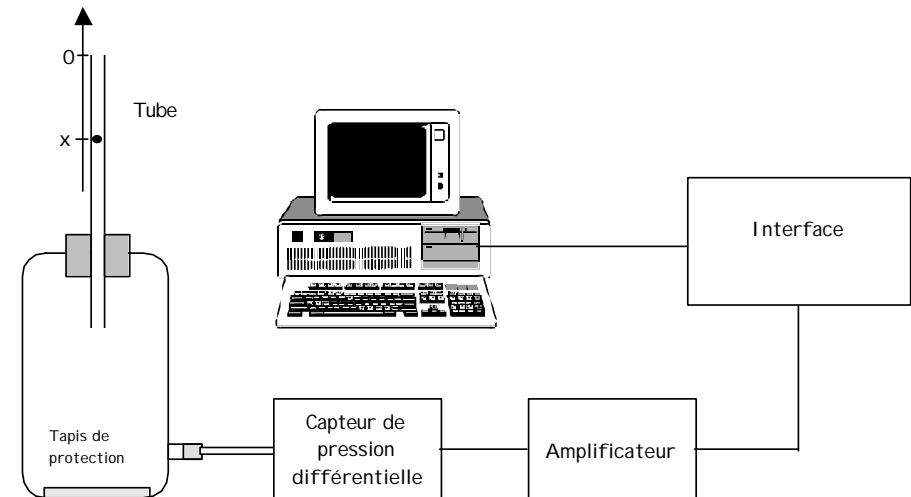


Fig. 60 – Principe de l'expérience de Rüchardt

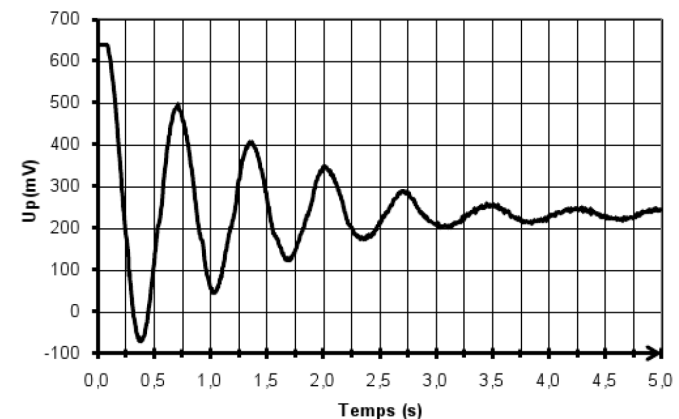


Fig. 61 – Enregistrement des oscillations de la bille

Les valeurs suivantes sont données :

- $V_0 = 3,9\text{L}$
- Masse de la bille  $m = 16\text{g}$
- $P_0 = 10^5\text{Pa}$
- Épaisseur du verre  $e = 2\text{mm}$
- Section du tube  $S = 2 \cdot 10^{-4}\text{m}^2$
- Diffusivité du verre  $D = 0,5 \cdot 10^{-6}\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$

1. Expliquer la forme de la courbe. Pourquoi peut-on négliger les frottements de la bille? Trouver le coefficient de corrélation du capteur de pression.
2. Trouver  $K$  tel que  $P - P_0 = K.U$  avec  $U$  la tension délivrée. Pour cela déterminer la pression à l'équilibre en fonction des données en faisant un PFS sur la bille à l'équilibre.
3. Modéliser le transfert thermique qui s'effectue. Déterminer sa durée caractéristique. Pourquoi peut-on faire l'hypothèse d'une transformation isentropique?
4. Dédire de la question précédente une relation entre  $P - P_0$  et  $x$ ; avec  $\gamma$ ,  $S$ ,  $x$ ,  $V_0$  et  $P_0$ .
5. Établir l'équation différentielle entre  $P$  et  $x$ .
6. Déterminer une valeur approchée de  $\gamma$ .

### 337 – Pendule de Holweck Leiy (Gaday-2017)

On considère le pendule de Holweck Leiy, figure 62, une masse  $m$  au bout d'une barre de longueur  $\ell$  sans masse sur laquelle un ressort de torsion exerce un couple de rappel  $\vec{\mathcal{M}} = -C\theta \vec{e}_x$ . La barre ne peut se déplacer que dans le plan  $(Oyz)$ .

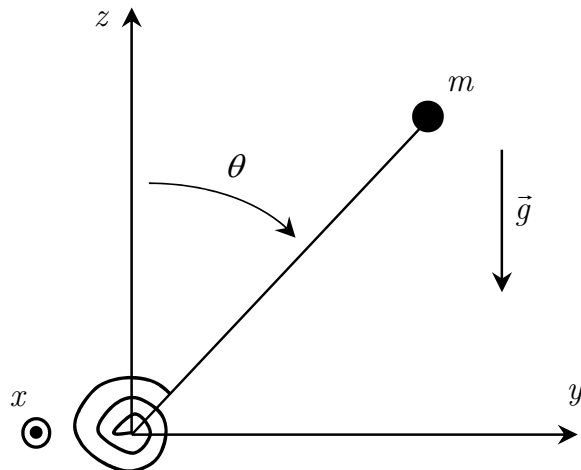


Fig. 62 – Oscillateur de torsion

1. Déterminer l'équation du mouvement.
2. Quelle est la condition pour que la position  $\theta = 0$  soit une position d'équilibre stable. On considère par la suite cette condition comme réalisée
3. Déterminer la période  $T$  des oscillations. On posera  $A = \frac{C}{m\ell}$ .
4. Calculer la variation relative de la période  $\Delta T/T$  correspondant à une petite variation  $\Delta g$  de l'intensité du champ de pesanteur. Montrer que cet appareil peut être rendu plus sensible qu'un pendule simple, dont on appellera  $\Delta T_0/T_0$  la précision sur la mesure de la période  $T_0$  des petites oscillations.

### 338 – Conduction thermique (Gaday-2017)

On considère un cylindre de rayon  $R$ , de longueur  $L$ , calorifugé sur sa surface latérale, on suppose  $T(z, t)$ .

1. Démontrer l'équation de la chaleur, on fera apparaître le coefficient  $D$  de diffusion thermique (en  $\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ).
2. Résoudre dans le cas où  $T(z, t) = f(z)g(t)$ .
3. Déterminer la solution dans le cas  $T(0, z) = T_0 \sin(\frac{\pi z}{L})$ .
4. Même question si  $T(0, z) = T_0 \sin^3(\frac{\pi z}{L})$ .

On donne  $\sin^3(x) = -\frac{1}{4} \sin(3x) + \frac{3}{4} \sin(x)$ .

### 339 – Chaudière (Gurtler-2017)

On donne pour l'eau :

$\theta$ (°C)	Pression (bar)	$v_v$	$h_v$	$u_v$	$s_v$	$h_\ell$	$u_\ell$	$s_\ell$	$v_\ell$
100	$P_0 = 1,013\text{ bar}$	1,673	2676	2507	7,355	419	419	1,307	$1,04 \cdot 10^{-3}$
150	$P = 4,76\text{ bar}$	0,393	2746	2560	6,838	632	632	1,842	$1,09 \cdot 10^{-3}$
200	$P = 15,54\text{ bar}$	0,127	2793	2595	6,433	852	851	2,331	$1,16 \cdot 10^{-3}$

- L'indice "v" dans le tableau correspond à l'état vapeur saturante et "l" à l'état de liquide saturant.
- $v$  en  $\text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ ,  $h$  et  $u$  en  $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,  $s$  en  $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ .

Une chaudière a un volume constant. Les parois sont calorifugées sauf au niveau du brûleur. A la date  $t = 0$  elle contient  $10\text{m}^3$  d'eau dont  $0,4\text{m}^3$  sous forme liquide et  $9,6\text{m}^3$  sous forme de vapeur à  $P_0 = 1,013\text{ bar}$ . La température de la flamme du brûleur est constante  $\theta_0 = 850\text{ °C}$ . La puissance de la chaudière est égale à :  $p = 80\text{ kW}$ . Après une durée  $t_0$  de fonctionnement du brûleur, à l'équilibre, la pression est  $P_{\text{eq}} = 15,54\text{ bars}$ .

1. Déterminer à l'état initial, la masse de liquide et la masse de vapeur dans la chaudière ainsi que la fraction massique  $x_v$ .
2. Faire la même chose à l'état final.

- Calculer l'énergie  $Q$  transférer au fluide par la chaudière ainsi que la durée du chauffage  $t_0$ .
- Calculer la variation d'entropie du fluide ainsi que l'entropie créée lors du chauffage. Commenter.

### 340 – Électrolyse du cuivre (Gurtler-2017)

- Proposer une méthode expérimentale pour retrouver la masse volumique du cuivre.
  - Le cuivre cristallise dans un réseau cubique à face centrée de paramètre de maille  $a = 362$  pm,  $M_{\text{Cu}} = 63,55$  g·mol<sup>-1</sup> et  $\rho_{\text{Cu}} = 8,920$  g·cm<sup>-3</sup>. Retrouver la constante d'Avogadro
- On réalise l'électrolyse du cuivre avec deux électrodes de cuivre dans une solution aqueuse à pH = 7 d'un solution de sulfate de cuivre de concentration  $C = 2$  mol·L<sup>-1</sup>. SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> est électroinactif.  
 $E^\circ(\text{Cu}_2^+ / \text{Cu}) = 0,4$  V
  - Faire un schéma de l'électrolyseur
  - Trouver les réactions possibles à l'anode et à la cathode et justifier le nom « anode soluble » pour cette réaction.
  - On récupère pour un courant de 2 A pendant une heure, 2,37 g de cuivre. Retrouver la constante d'Avogadro.

### 341 – Potentiel électrique autour d'une particule colloïdale (Hauret-2017)

Une solution colloïdale est une suspension dans de l'eau de particules de dimensions de l'ordre de 10<sup>-6</sup> à 10<sup>-8</sup> m, petite à l'échelle macroscopique et grande à l'échelle moléculaire. En dehors de ces particules colloïdales, la solution contient des ions de charge  $\pm e$  qui seront considérés comme ponctuels.

On considère une particule colloïdale sphérique, de centre  $O$  et de rayon  $R$ , portant une charge  $Q$ . On suppose que le potentiel électrique autour de cette particule ne dépend que de  $r = OM$ . On donne, pour une fonction  $V$  de la seule variable  $r$  en coordonnées sphériques :

$$\Delta V = \frac{1}{r} \frac{d^2(rV(r))}{dr^2}$$

D'autre part, la densité numérique  $N_+$  des cations et la densité numérique  $N_-$  des anions suivent la loi de Boltzmann et s'écrivent :

$$N_+(r) = N_0 \exp\left(\frac{-eV(r)}{k_B T}\right) \text{ et } N_-(r) = N_0 \exp\left(\frac{+eV(r)}{k_B T}\right)$$

où  $N_0$  est une constante,  $V(M)$  le potentiel électrostatique,  $k_B$  la constante de Boltzmann, et  $T$  la température absolue.

- Pourquoi peut-on considérer que les ions sont des particules ponctuelles? (comparer la taille d'un atome et de la molécule)
- Exprimer la densité volumique de charge  $\rho(r)$  en fonction de  $V(r)$ . Dans toute la suite, on supposera que  $|eV(r)| \ll k_B T$ ; simplifier alors l'expression précédente.

- Quelle équation différentielle vérifie la fonction  $U(r) = rV(r)$ ?  
Montrer que  $V(r) = \frac{A}{r} \exp\left(-\frac{r}{\lambda}\right)$ , où  $A$  est une constante encore indéterminée et  $\lambda$  une longueur caractéristique à exprimer en fonction des données.
- Exprimer le champ électrique autour de la particule colloïdale. Déterminer la constante  $A$ .
- Quelle est la charge  $Q(r)$  contenue dans la sphère de rayon  $r$  et de centre  $O$ ? Déterminer  $\lim_{r \rightarrow \infty} Q(r)$  et commenter le résultat.
- Pourquoi dit-on que l'interaction électrostatique entre particules colloïdales est "écran-tée" par les ions?
- La stabilité de la solution colloïdale est assurée par la répulsion électrostatique entre les particules colloïdales sans laquelle les particules s'attireraient mutuellement et précipiteraient au fond du récipient (floculation). Montrer que l'ajout de sel dans la solution peut provoquer la floculation.

### 342 – Exo sur les ondes (Hauret-2017)

- 10GHz : est-ce une fréquence élevée? Calculer la longueur d'onde associée dans le vide? Ordre de grandeur des fréquences dans le domaine du visible?
- On a une onde électrostatique et un récepteur sensible à la moyenne de l'intensité de l'onde. Observe-t-on quelque chose? Mode AC ou DC sur le voltmètre? Peut-on utiliser le voltmètre de TP?
- Récepteur et émetteur perpendiculaire, comment faire pour capter l'onde?  
QB : ordre de grandeur de  $\gamma$  pour un métal?

### 343 – Écoulement du sang dans une veine (Hugonneau-2017)

L'écoulement du sang est incompressible, laminaire et en régime permanent. La veine est modélisée par un cylindre de longueur  $L$  et de rayon  $R$ . On donne le coefficient de viscosité dynamique du sang  $\eta = 4 \cdot 10^{-3}$  Pa·s et l'équation régissant sa vitesse  $v(r) = \frac{\Delta P}{4\eta L} (R^2 - r^2)$

- Expliquer les 3 termes « incompressible », « laminaire » et « régime permanent »
- L'écoulement est-il parfait?
- Déterminer le débit volumique du sang  $Q$  (en utilisant la formule donnée pour la vitesse).
- En déduire l'expression de la résistance hydraulique  $R_H = \Delta P / Q$ .

Entre deux veines il y a un réseau de  $N$  capillaires en parallèles à travers lesquelles circulent le sang.

- Par une analogie électrique, déterminer la résistance hydraulique du réseau de capillaire. Déterminer la vitesse moyenne du sang dans un capillaire.

### 344 – Division du front d'onde (Hugonneau-2017)

1. Donner un exemple de dispositif à division du front d'onde.

On observe des interférences non localisées correspondant à deux longueurs d'onde  $\lambda_1$  et  $\lambda_2$ . On donne  $\sigma_1 = \frac{1}{\lambda_1}$  et  $\sigma_2 = \frac{1}{\lambda_2}$ . On considère que  $\sigma_0 = \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} \ll \Delta\sigma$ .

2. Déterminer la différence de marche correspondant au premier brouillage par deux méthodes

### 345 – Siphonner un réservoir (Laplane-2017)

On a un siphon (tuyau de surface  $s$ ) et un réservoir de surface  $S$ , cf figure 63. Le fluide qui le parcourt est supposé parfait et on suppose que  $g = 9,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ .

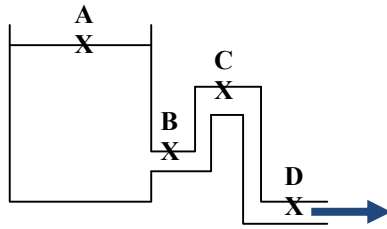


Fig. 63 – Siphonnage de réservoir

Le siphon fonctionne de telle sorte qu'il se ferme lorsque le fluide atteint le point B (pour ne pas que de l'air rentre).

$$z(A) - z(D) = h = 0,7 \text{ m}$$

$$z(B) - z(D) = h' = 0,3 \text{ m}$$

1. Peut-on utiliser Bernoulli? Quelle est la valeur de la vitesse et du débit en sortie de tuyau?
2. Déterminer la valeur de la pression en C (seulement expression littérale).
3. On est maintenant en phase d'écoulement et  $h$  varie. Montrer que  $h$  suit l'équation différentielle suivante et déterminer combien de temps il faudra pour que le fluide atteigne B.
4. Déterminer quel sera le volume de fluide qui se sera écoulé au final

### 346 – Identification de filtre (Laplane-2017)

L'exercice 2 est très facile, on étudiait un filtre passe bas.

1. Reconnaître parmi les 4 filtres qui une équation de passe bas (il faut démontrer à BF et HF, reconnaître la forme ne suffit pas).

$$\text{> } \underline{H}_1 = H_0 \frac{1}{1 + j\frac{x}{Q} - x^2}$$

$$\text{> } \underline{H}_2 = H_0 \frac{j\frac{x}{Q}}{1 + j\frac{x}{Q} - x^2}$$

$$\text{> } \underline{H}_3 = H_0 \frac{-x^2}{1 + j\frac{x}{Q} - x^2}$$

$$\text{> } \underline{H}_4 = H_0 \frac{1 - x^2}{1 + j\frac{x}{Q} - x^2}$$

2. Il fallait ensuite à l'aide de courbes issues d'un oscilloscope à des fréquences différentes, déterminer le gain, le facteur de qualité et la fréquence propre.

Ici c'était simple, on faisait sortie sur entrée à très basse fréquence ensuite on voyait un décalage de  $\pi/2$  à la 3e image donc c'était la fréquence propre et ensuite à l'aide d'un équivalent à la fréquence propre on pouvait en déduire  $Q$  car on avait le gain et la fréquence.

### 347 – Trempe du Forgeron (Lescou-2017)

Un forgeron fait chauffer son épée à  $T_2 = 800 \text{ °C}$  puis la trempe dans un bac d'eau à  $T_1 = 20 \text{ °C}$ .  $S_2 = S_1 + mc \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right)$  avec la capacité thermique du fer  $c = 444 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$  et la masse  $m = 2 \text{ kg}$  de l'épée.

1. Calculer  $\Delta S$ .
2. Qu'est ce qu'un thermostat? peut on considérer l'eau comme tel?
3. Calculer  $S_{\text{ech}}$ .
4. Calculer  $S_{\text{cr}}$ , conclure sur la réversibilité de la réaction.
5. Est il possible d'effectuer cette trempe de manière réversible?

### 348 – Inductance linéique (Lescou-2017)

On considère deux cylindres l'un dans l'autre, un de rayon  $a$  et l'autre de rayon  $b$  avec  $b > a$ . Ces cylindres ne sont parcourus par des courants que sur une épaisseur  $e$  proche de la surface tels que  $I_1 = -I_2$ .

1. Exprimez les densités de courant surfacique  $j_1$  et  $j_2$ .
2. Calculez le champ  $\vec{B}$  en tout point de l'espace
3. Calculer l'énergie magnétique stockée sur une hauteur  $h$ . En déduire l'inductance linéique noté  $L_\ell$ .

### 349 – Oscillateur sinus-cosinus (Lherbier-Joubert-2017 (01-304))

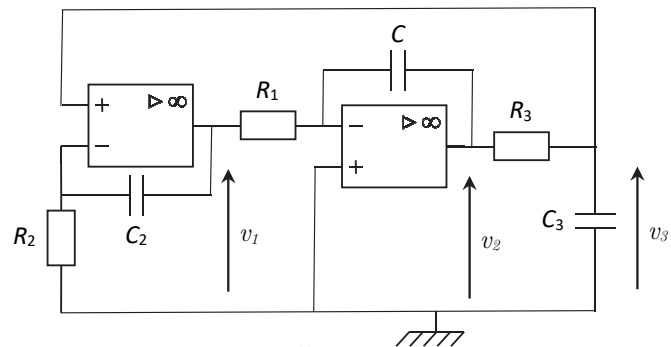
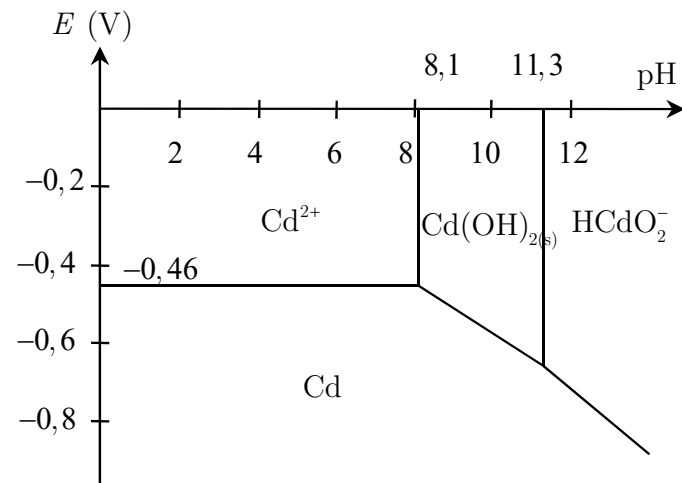


Fig. 64 – Oscillateur sinus-cosinus

1. Les ALI sont considérés parfaits, leur fonctionnement est linéaire. Déterminez les fonctions suivantes :  $\underline{H}_1 = \underline{V}_1 / \underline{V}_3$ ;  $\underline{H}_2 = \underline{V}_3 / \underline{V}_2$ ;  $\underline{H}_3 = \underline{V}_2 / \underline{V}_1$
2. Quelles sont les conditions sur  $R_1, R_2, R_3$  et  $C_1, C_2, C_3$  pour obtenir un oscillateur sinusoïdal? (On posera  $\tau_i = R_i C_i$  pour les calculs)
3. À l'aide du déphasage entre les fonctions de sortie des ALI, justifiez le terme de montage « cosinus – sinus » pour le circuit.

### 350 – Diagramme E-pH du Cadmium (Lherbier-Joubert-2017)

1. a. Déterminer la structure électronique de l'atome de cadmium dans son état fondamental ( $Z = 48$ ).  
b. Quel est le degré d'oxydation le plus probable du cadmium?
2. Hg a la capacité de former une liaison Hg–Hg pour donner l'ion  $\text{Hg}_2^{2+}$ . Cette tendance est beaucoup moins marquée pour Cd. Justifier ce phénomène à partir des données suivantes :  
 $E^\circ(\text{Cd}_2^{2+} / \text{Cd}) = -0,20 \text{ V}$                        $E^\circ(\text{Hg}_2^{2+} / \text{Hg}) = 0,80 \text{ V}$   
 $E^\circ(\text{Cd}^{2+} / \text{Cd}_2^{2+}) = -0,60 \text{ V}$                        $E^\circ(\text{Hg}^{2+} / \text{Hg}_2^{2+}) = 0,91 \text{ V}$   
 On donne le diagramme E-pH figure 65, tracé pour une concentration de cadmium dissous égale à  $10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ .

Fig. 65 – Diagramme du cadmium pour une concentration de travail à  $10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 

3. Déterminer  $E^\circ(\text{Cd}^{2+} / \text{Cd})$  en utilisant à bon escient le diagramme.
4. Calculer le produit de solubilité de  $\text{Cd}(\text{OH})_2(\text{s})$  et la constante de formation de  $\text{HCdO}_2^-$  à partir de  $\text{Cd}(\text{OH})_2$  et  $\text{OH}^-$ .
5. Donner l'équation de la droite séparant le domaine de  $\text{Cd}(\text{OH})_2$  du domaine de Cd.
6. Que se passe-t-il, en principe, si on met du cadmium dans l'eau (on donne  $E^\circ(\text{H}^+ / \text{H}_2) = 0,00 \text{ V}$  à  $\text{pH} = 0$  et  $25^\circ\text{C}$ ) ? Discuter suivant les valeurs du pH.

### 351 – Vidange d'un réservoir (Marque-Jeulin-2017) (03-120)

Soit un réservoir figure 66 contenant de l'eau, l'écoulement est stationnaire parfait et le niveau d'eau descend lentement. La pression de l'air extérieur vaut  $P^\circ$  et le niveau d'eau initial vaut  $H$ .

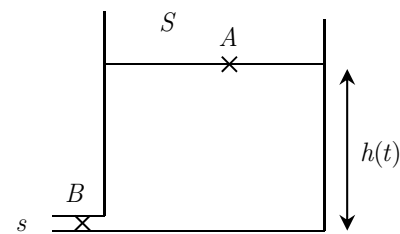


Fig. 66 – Vidange d'un réservoir

On suppose  $s \ll S$

1. Tracer l'allure d'une ligne de courant de  $A$  vers  $B$ .
2. Énoncer puis appliquer le théorème de Bernoulli entre  $A$  et  $B$ .
3. En déduire  $v_B$  et le débit de sortie  $D_s$ . Justifiez aussi que  $v_A$  est négligeable.
4. Déterminer le temps de vidange  $T$ .
5. L'écoulement est rétréci en  $B$ . On considère donc des pertes de charges de la forme  $\Delta P = \frac{1}{2} K' \rho v_B^2$  avec  $K' = 0.5$ . Déterminer  $T'$  pour vider le réservoir et remarque? (QB : D'où provient physiquement cette perte de charge?)
6. a. Donner les définitions de pertes de charges singulières et régulières.  
b. On rajoute un siphon en  $B$  qui aboutit en  $D$  (à la même hauteur), on considère les pertes de charges de la forme  $\Delta P = \frac{1}{2} K'' \rho v_D^2$ . Déterminer  $T''$ .

### 352 – Dismutation de l'eau oxygénée (Marque-Jeulin-2017)

On donne les valeurs de  $\Delta_f H_{\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq})}^\circ = -191 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ,  $\Delta_f H_{\text{H}_2\text{O}(\text{l})}^\circ = -286 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$   
 $c_{\text{eau}} = 4,18 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ .

On place un volume  $V = 50 \text{ mL}$  de sol de  $\text{H}_2\text{O}_2$  de  $C = 1,1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  dans un calorimètre de capacité  $C_{\text{cal}} = 5,3 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}$ .

Au bout de 2 minutes, on rajoute le catalyseur  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  et on agite, cf figure 67.

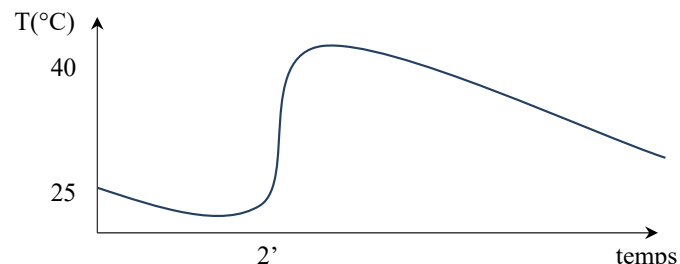
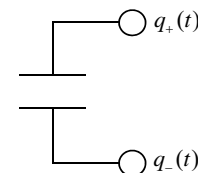


Fig. 67 – Suivi de la dismutation peroxyde d'hydrogène

1. Donner l'équation de dismutation du peroxyde d'oxygène.
2. Calculer l'enthalpie de dismutation.
3. Comparer avec les données des tables à 25 °C.

### 353 – Décharge de condensateur (Mauquie-2017)

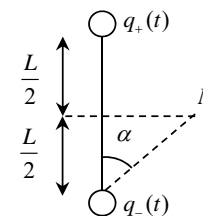
Deux boules de charge  $q_+(t)$  et  $q_-(t)$  sont reliées à un condensateur. Les armatures sont mobiles et la décharge intervient lorsque la distance qui les sépare est de 2 cm. La décharge se produit en quelques microsecondes et la capacité du condensateur est de 1 nF.



Comparativement, l'air est un isolant fort. Mais sous de fortes tensions, les électrons qui composent les atomes des molécules de l'air sont littéralement arrachés à leur orbite de valence pour participer à la conduction électrique : la foudre traverse alors l'atmosphère. La valeur du champ disruptif de l'air la plus communément admise est :

$$\|\vec{E}_{\text{disruptif}}(\text{air})\| \approx 3,6 \cdot 10^6 \text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$$

1. L'air est-il un bon conducteur? Quelle est la valeur de la différence de potentiel qui assure la décharge? Quelle est la valeur du courant?
2. Quel est la valeur du champ magnétique produit?
3. On donne le champ magnétique à une distance  $d$  :  $\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{2\pi d} \cos(\alpha) \cdot \vec{e}_\theta$ . Quel est la valeur du champs à une distance de 1mm?



### 354 – Précipitation des ions argent (Mauquie-2017)

$E^\circ(\text{Ag}^+/\text{Ag}) = 0,8 \text{ V}$ ,  $\text{pKs}(\text{AgCl}) = 10$ , Potentiel de l'électrode au calomel saturée = 0,25 V.

1. Quel est la solubilité  $S$  de  $\text{AgCl}$  dans l'eau? Que se passe-t-il si on met une valeur de  $\text{AgCl}$  inférieure à  $S$ ?  
Dans un bécher 1 on met du  $\text{NaCl}$  de concentration 0,01 mol/L,  $\text{AgCl}$  est en excès, on plonge dans ce bécher une électrode d'argent. Dans le bécher 2, on met une électrode au calomel saturée, et on rajouter un pont salin entre les deux béchers.
2. Pourquoi on ne met pas l'électrode au calomel saturée dans le bécher 1?
3. Calculer la différence de potentiel entre les deux électrodes, cas d'utilisation de ce phénomène?

### 355 – Ailette de refroidissement (Meriau-2017)

Pour éviter un réchauffement trop important de certains appareils, on place à leur contact des ailettes de refroidissement (figure 68). Ces ailettes d'épaisseur  $a$ , de largeur  $b \gg a$ , de

longueur  $c$  et de conductivité thermique  $\lambda$ , sont placées en  $x = 0$ .

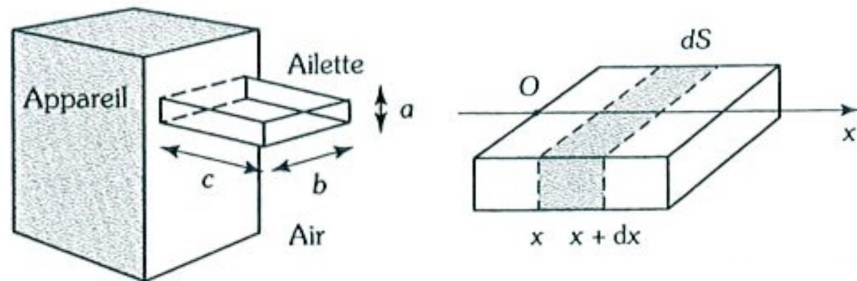


Fig. 68 – Représentation d'une ailette de refroidissement

En fonctionnement, l'appareil est maintenu à la température  $T_0$ . L'air extérieur, qui circule, est de température constante et uniforme  $T_a$ .

1. Établir l'équation de la chaleur.
2. Simplifier l'équation en régime permanent et la résoudre dans le cas où la longueur  $c$  tend vers l'infini.
3. Exprimer  $T(c)$  et trouver  $c$  tel que la différence entre  $T(c)$  et  $T_a$  soit inférieure à 5 % de l'écart entre  $T_0$  et  $T_a$ .
4. Tracer l'évolution de la température.

### 356 – Cycle frigorifique du dioxyde de carbone (Monet-2017)

Le diagramme  $\log(P) = f(h)$  du dioxyde de carbone donné figure 69.

Dans l'état 1, le dioxyde de carbone est à l'état de vapeur saturante à 35 bar. Il subit alors une compression adiabatique réversible qui l'amène à l'état 2, à la pression de 90 bar. Une transformation isobare le fait arriver dans l'état 3 à la température de 40 °C. Une détente calorifugée et sans parties mobile l'amène dans l'état 4, puis il subit une transformation isobare jusqu'à son état de départ (état1).

1. Que peut-on dire des isothermes loin de la courbe de saturation ?
2. Tracer le cycle.
3. Calculer  $x_{\text{vap}}$ . Calculer  $q_F$  puis expliquer son signe.
4. Le cycle fonctionne en réfrigérateur. Calculer son efficacité.
5. Calculer l'efficacité dans le cas d'une machine ditherme réversible. Comparer cette efficacité avec celle trouvée à la question précédente. Expliquer la différence, de quelle(s) transformation(s) vient-elle ?

### 357 – Onde entre 2 plans métalliques (Monet-2017)

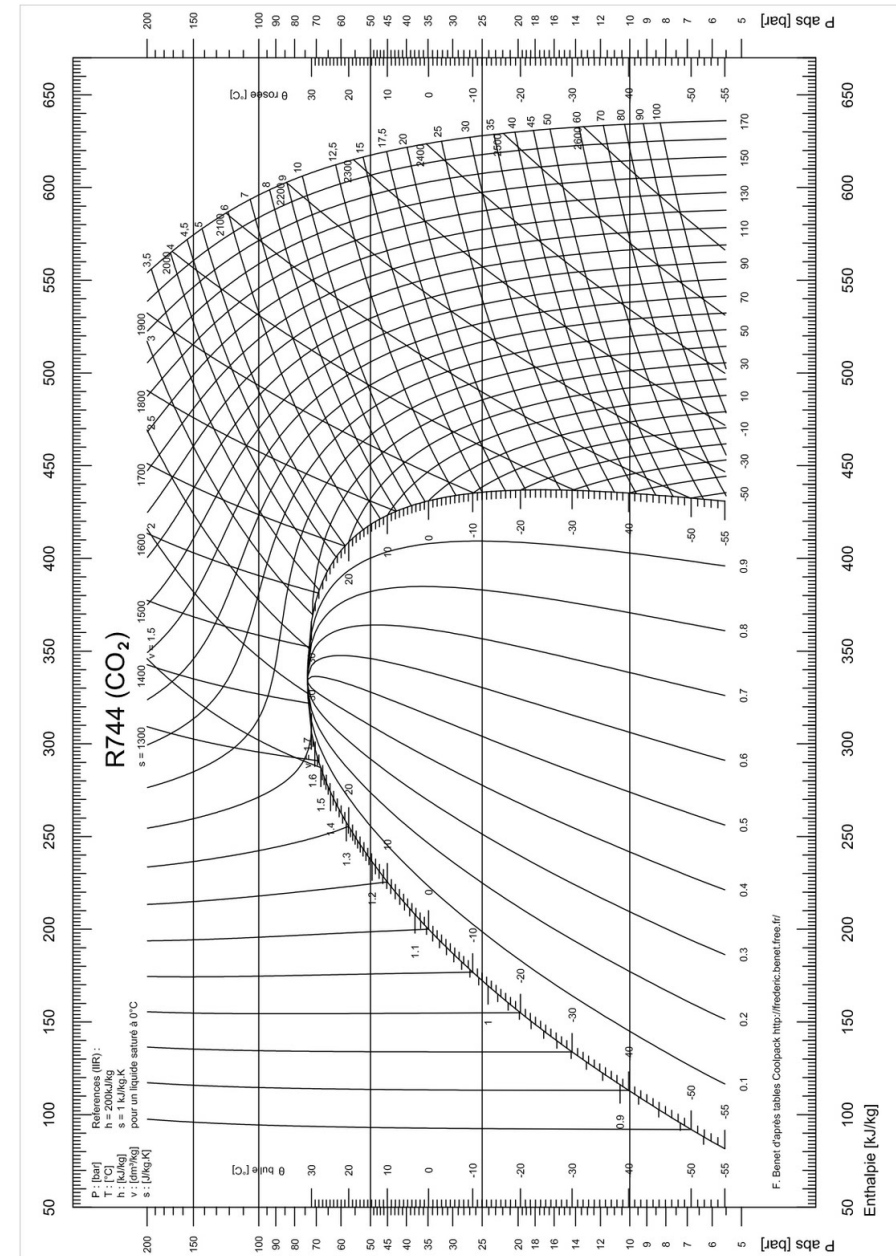


Fig. 69 – Diagramme des frigoristes du dioxyde de carbone

Une onde électromagnétique est émise entre 2 conducteurs, que l'on suppose parfaits, en  $x=0$  et en  $x=L$ . On s'intéresse au champ électrique transversal.

1. Quelle est la valeur de  $\vec{E}$  dans les conducteurs? Quelle relation est vérifiée?
2. Déterminer l'expression du champ électrique résultant entre les deux plans. L'onde se propage-t-elle?
3. Montrer que l'on ne peut avoir dans la cavité que certaines fréquences qui correspondent à des modes.

On suppose alors que le métal n'est plus parfait, il laisse passer une portion de l'onde.

4. Calculer la largeur spectrale.

Questions de l'examinateur pour « m'aider » ...

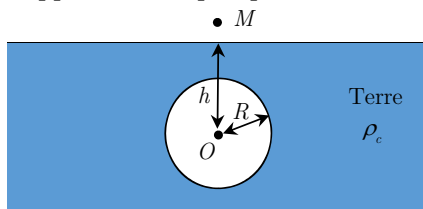
- Comment est une onde stationnaire dans le cas général (si elle n'est pas sinusoidale)?
  - Si dans la cavité on a une onde de pulsation  $\omega$  correspondant à un mode propre  $n$ , et qu'on ajoute une onde de pulsation  $\omega + d\omega$ , que se passe-t-il?
  - Quelle autre vitesse que la vitesse de phase caractérise une onde?
  - En électrocinétique, si on prend un circuit dans une boîte tel que lorsqu'on lui envoie une tension avec un certain spectre en entrée, on obtient le même spectre en sortie. Comment appelle-t-on ce qu'il y a dans la boîte?
5. (Non traitée, je ne me rappelle pas exactement de l'énoncé, mais je peux essayer de vous restituer l'idée...) Idée, je crois : Montrer qu'il y a alors des interférences et trouver la largeur de ces interférences.

### 358 – Sondage par gravimétrie (Saulou-2017)

On considère dans un premier temps une cavité karstique de forme supposée sphérique de rayon  $R$ , dont le centre est situé à une profondeur  $h$ . Un milieu karstique étant relativement poreux, la cavité a été créée par la lente dissolution de la roche et par l'écoulement souterrain qui évacue au fur et à mesure les matières dissoutes. La détection de ce type de cavité est très importante dans le domaine du génie civil avant la construction de grandes structures (ponts, immeubles) construites à la surface.

On note  $\rho_c$  la densité volumique de masse uniforme de la roche.

En l'absence de cavité, on suppose le champ de pesanteur uniforme en surface  $\vec{g} = -g\vec{u}_z$ .

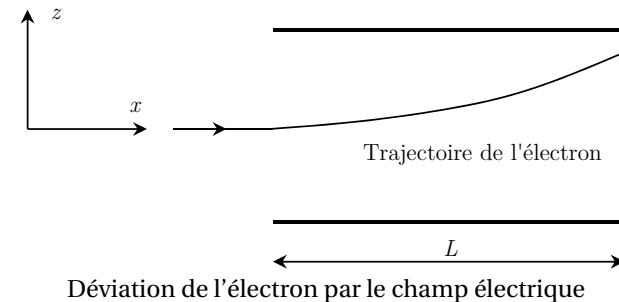


Sondage par gravimétrie

1. Faire l'analogie Théorème de Gauss / Théorème de Gauss gravitationnelle.
2. Théorème de superposition donner la formule.
3. Calcul du champ de pesanteur au point  $M$  cas où  $M$  est juste au dessus de la cavité au niveau du sol.
4. Tracer l'allure grossière de la composante verticale du champ de pesanteur lorsque l'on se déplace horizontalement.
5. Si on met de l'eau à la place du vide qu'est ce que ça change?
6. En gravimétrie on utilise une unité spéciale, le Gal :  $1 \text{ Gal} = 1 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-2}$ . Un gravimètre couramment utilisé par les géologues permet d'atteindre une résolution effective d'environ  $10 \mu\text{Gal}$  : ce gravimètre est-il capable de détecter une cavité de 10 m de diamètre et dont le centre est situé à 10 m de profondeur?  
On donne la masse volumique du calcaire  $\rho_c = 2,6 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$  et la constante de gravitation  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-2}\cdot\text{kg}^{-1}$

### 359 – Trajectoire d'un électron (Saulou-2017)

On considère un électron de masse  $m = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$  qui a une énergie cinétique  $\mathcal{E}_0 = 50 \text{ eV}$  (avec une vitesse purement horizontale selon  $\vec{e}_x$ ), qui traverse une zone entre deux plaques horizontales entre lesquelles règne un champ  $\vec{E}$  sur une longueur  $L = 2 \text{ cm}$ , cf figure 359.

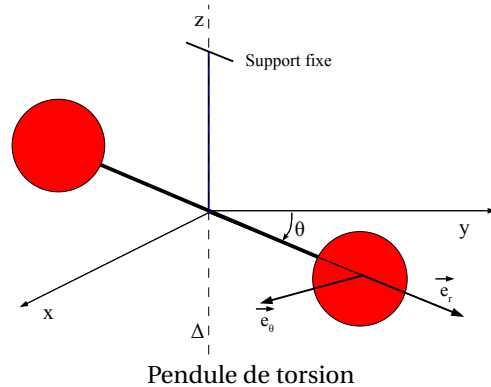


1. Dans quel sens est le champ  $\vec{E}$ .
2. L'énergie cinétique varie de 10 eV. Est-ce que la variation est positive ou négative?
3. En déduire le champ  $\vec{E}$ .
4. En déduire l'angle de déviation.

### 360 – Pendule de torsion (Prevost-PTB-2017)

On considère le pendule de torsion représenté figure 360. Ce type de pendule est constitué d'une tige horizontale de longueur  $2L = 40 \text{ cm}$  dont les extrémités sont lestées par deux boules identiques de masse  $m = 1 \text{ kg}$  et de rayon  $a = 3 \text{ cm}$ . Cette tige est suspendue par un

fil métallique très fin d'axe  $\Delta$ . Si on tourne la tige d'un angle  $\theta$  autour de  $\Delta$ , la torsion du fil engendre un couple de rappel qui vaut  $\vec{C} = -D\theta \vec{e}_z$ . L'ensemble a un moment d'inertie par rapport à  $O$  noté  $J$ .



1. Déterminer l'unité de  $D$ .
2. Trouver la pulsation des oscillations.
3. Montrer que  $J = J_1 + J_2$ .

### 361 – Expérience d'Ingen Housz (127)

On considère un cylindre plein en cuivre, à base circulaire de rayon  $r$ , de longueur  $\ell$ , de conductivité thermique  $\lambda$ . On le met en contact par une de ses extrémités  $x = 0$  avec de l'eau bouillante de température  $T_0 = 373$  K. La température extérieure est  $T_e = 293$  K. On suppose que la température est uniforme dans une section  $x = C^{te}$  du cylindre. On note  $h$  le coefficient de transmission thermique de surface latérale. On se place en régime permanent.

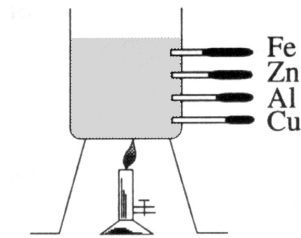


Fig. 70 – Expérience d'Ingen Housz

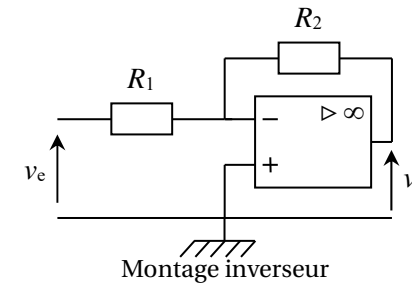
1. Établir la loi  $T(x)$  en supposant la longueur  $\ell$  suffisamment grande. On précisera cette condition.  
On réalise la même expérience avec deux cylindres de même géométrie, mais constitués par deux métaux différents de conductivités thermiques  $\lambda_1$  et  $\lambda_2$ . Les deux tubes sont

recouverts de paraffine dont la température de fusion vaut  $T_f = 333$  K. On constate qu'en régime permanent, la paraffine fond sur des distances  $x_1 = 15,6$  cm pour le premier cylindre et  $x_2 = 6,4$  cm pour le second.

2. On connaît la conductivité thermique  $\lambda_1 = 390 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$  du premier métal, en déduire celle du second.
3. Donner la valeur numérique de  $h$  sachant que  $r = 1$  cm.
4. Si la condition de 1 n'est pas vérifiée, que vaut  $T(x)$ .

### 362 – ALI Idéal (PT17-Fayolle1)

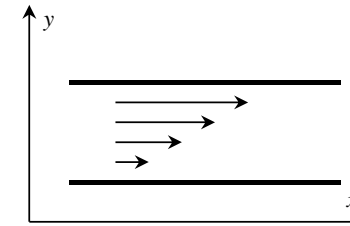
On considère le montage de la figure 362.



1. On suppose l'ALI idéal. Quelles sont ses caractéristiques?
2. À-t-on un régime linéaire?
3. Calculer le gain  $\frac{v_s}{v_e}$  du montage, ainsi que son impédance d'entrée.

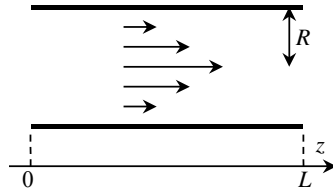
### 363 – Vitesse du fluide dans un tube (PT17-Fayolle2)

On donne l'expression des forces surfaciques de cisaillement  $\vec{f} = \eta \frac{\partial v}{\partial y} \vec{e}_x$  :



1. Lier l'expression de  $f$  au profil des vitesses.

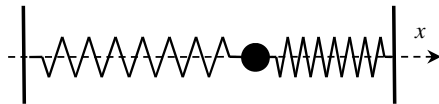
Soit un cylindre de rayon  $R$  et de longueur  $L$  parcouru par un fluide en écoulement permanent incompressible. Les données sont la viscosité dynamique  $\eta = 4 \cdot 10^{-3}$  Pl,  $R = 4$  mm, et les pertes de charge linéique  $\Delta P$  (de l'ordre de  $2000 \text{ Pa}\cdot\text{m}^{-1}$ ). On donne le profil des vitesses dans le cylindre :



2. Donner la forme du vecteur vitesse.
3. On considère un cylindre fictif de rayon  $r$ , de longueur  $L$  (dans le cylindre de rayon  $R$ ). Donner l'expression des forces de cisaillement auxquelles le cylindre est soumis.
4. Donner l'expression de la vitesse.
5. Donner la vitesse sur l'axe.

### 364 – Oscillateur à deux ressorts horizontaux (PT17-Fayolle3)

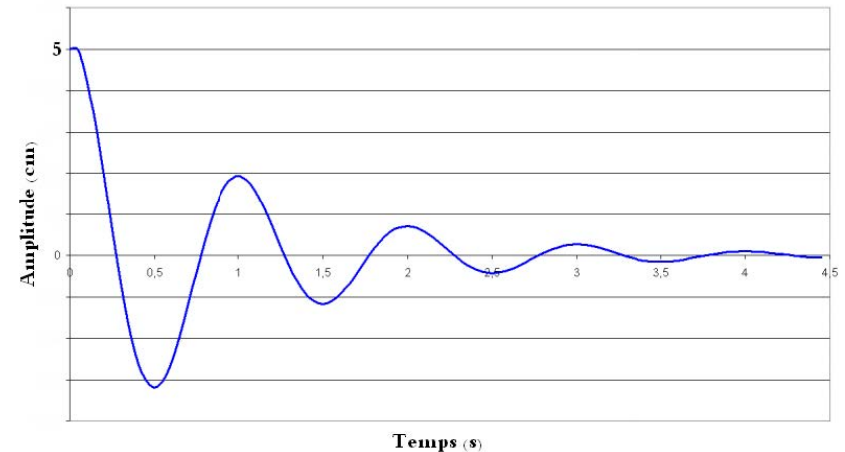
On considère un point matériel de masse  $m$  attaché à deux ressorts et lâché de la position  $x_0$  sans vitesse initiale.



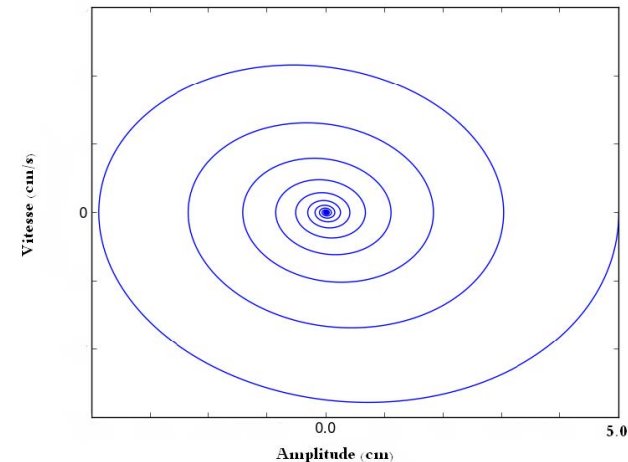
Ce point est soumis aux actions mécaniques suivantes :

- $\vec{P} = -mg\vec{u}_z$
- $\vec{R} = R\vec{u}_z$
- $\vec{f} = -\eta\vec{v}$
- $\vec{T}_1 = -k(\ell_{eq} + x - \ell_0)\vec{u}_x$
- $\vec{T}_2 = k(\ell_{eq} - x - \ell_0)\vec{u}_x$

1. Décrire brièvement ce que représente chaque force.
2. Établir l'équation différentielle du mouvement de la masse  $m$ .
3. Donner les expressions de la pulsation propre  $\omega_0$ , du facteur de qualité  $Q$ , et de la période propre  $T_0$ .
4. Exprimer la pseudo-période  $T$  en fonction de  $T_0$  et de  $Q$ .
5. On donne le graphe suivant. Quel est le régime représenté graphiquement? Déterminer la pseudopériode  $T$  ainsi que  $x_0$ .



6. Commenter le portrait de phase correspondant.



### 365 – Pente lubrifiée (PT17-Fayolle4)

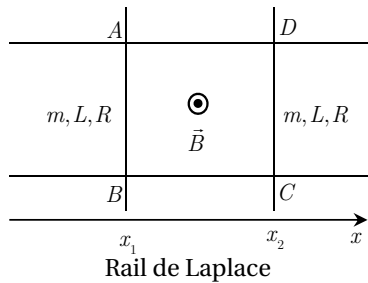
Un bloc métallique parallélépipédique, de surface carrée de côté  $a = 10$  cm et de masse  $m = 1$  kg, est posé sur un plan incliné d'un angle  $\alpha = 10^\circ$  par rapport à l'horizontale. Le plan incliné est lubrifié, c'est-à-dire enduit d'une huile de viscosité dynamique  $\eta = 1,4$  Pl. La plaque se met alors en mouvement. On suppose que l'écoulement de l'huile peut être modélisé de la même manière qu'en régime permanent, c'est-à-dire qu'on suppose que la

répartition de vitesse est linéaire. L'épaisseur d'huile est  $e = 1 \text{ mm}$ . Le champ de pesanteur vaut  $g = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ .

1. Donner l'expression de la force surfacique de cisaillement exercée par le fluide sur le parallélépipède.
2. Après un certain temps, la vitesse du bloc se stabilise à la valeur  $v_f$ . Déterminer  $v_f$ .

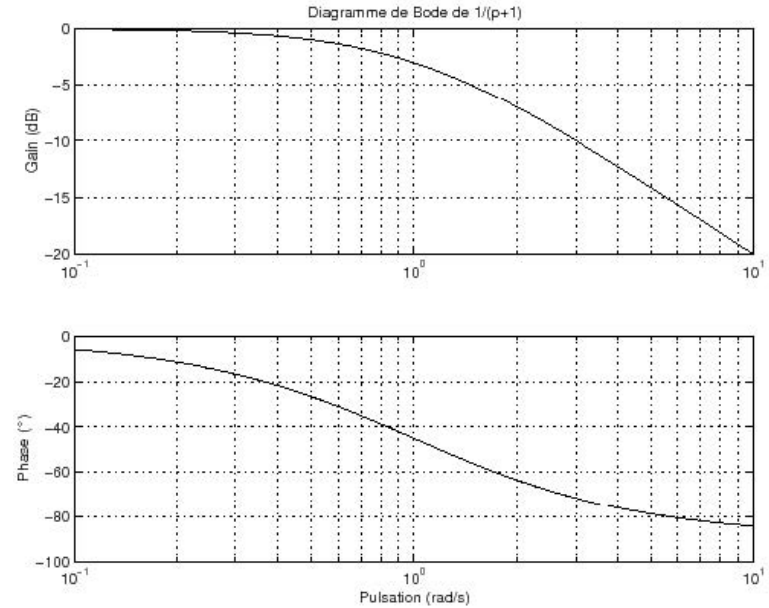
### 366 – Réponse d'un rail de Laplace (PT17-Fayolle5-05-311)

Deux barres métalliques de masses  $m$  et de résistance  $R$  glissent sans frottement sur deux rails de Laplace parfaitement conducteurs et horizontaux, distants de  $\ell$ . L'ensemble est placé dans un champ magnétique  $\vec{B} = B \vec{u}_z$  uniforme, permanent et vertical.



Les abscisses des barres sont notées  $x_1$  et  $x_2$ . À l'instant  $t = 0$ , la barre 1 est en  $x_1 = x_{10} < 0$  et la barre 2 en  $x_2 = 0$ . Un expérimentateur exerce sur la barre 1 une force  $\vec{F} = F(t) \vec{u}_x$  qui maintient cette barre à la vitesse  $v_0$  selon  $\vec{v}_x$  constante. Initialement, la barre 2 est immobile.

1. Paramétrer le problème, donner les différentes grandeurs utiles.
  2. Déterminer l'évolution de la barre 2 au cours du temps, exprimer donner  $v_2(t)$ .
- On se place à présent en régime sinusoïdal forcé (pour le déplacement de la barre 1).
3. Donner la réponse du système  $v_2(t)$  à une excitation  $v_1(t)$  sinusoïdale.
  4. On donne le diagramme de Bode du système (gain + phase) (la fonction de transfert est définie comme un rapport de vitesses).

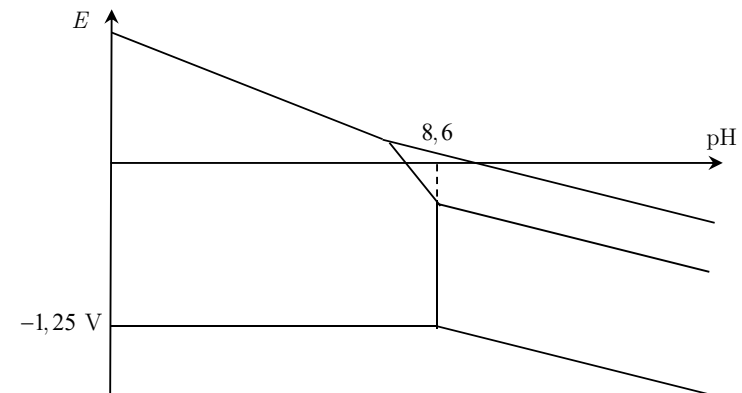


Déterminer la constante de temps.

### 367 – Pourbaix du manganèse (Fayolle6-211)

Données :

- > Manganèse :  $Z = 25$
- >  $E^\circ (\text{Mn}^{2+} (\text{aq}) / \text{Mn} (\text{s})) = -1,19 \text{ V}$



E-pH du manganèse

1. Donner la configuration électronique de l'atome de manganèse dans son état fondamental. A quel groupe appartient-il?
2. Donner le nombre d'oxydation du manganèse dans  $\text{MnO}_4^-$ . Pourquoi dit-on que c'est l'une des configurations les plus stables pour le manganèse?
3. Donner les nombres d'oxydation du Manganèse dans les espèces suivantes :  $\text{Mn(s)}$ ,  $\text{Mn}^{2+}(\text{aq})$ ,  $\text{Mn(OH)}_2(\text{s})$ ,  $\text{Mn}_2\text{O}_3(\text{s})$ ,  $\text{MnO}_2(\text{s})$ . Placer les différentes espèces sur le diagramme E-pH ci-contre.  
Ce diagramme est tracé avec une concentration de tracé  $C_0 = 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ .
4. Retrouver la valeur de la concentration de tracé.
5. Donner le produit de solubilité de  $\text{Mn(OH)}_2(\text{s})$ .

### 368 – Nickelage d'une pièce (Fayolle7-212)

On considère une électrode de fer qu'on veut recouvrir de nickel, et une autre de platine, inerte. On plonge ces électrodes dans une solution acide ( $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ) de concentration  $10^{-1} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ , de  $\text{pH} = 5,0$ .

1. Décrire ce qui se passe sur chaque électrode.
2. Quel serait, thermodynamiquement, la tension à appliquer entre les 2 électrodes pour que l'électrolyse se produise?
3. En réalité, en plus de cette tension, il y a une surtension anodique de  $0,6 \text{ V}$  et une surtension cathodique de  $-0,1 \text{ V}$ . Il faut aussi une surtension  $U_r = 0,15 \text{ V}$ . À quoi correspond  $U_r$ ? Que devient la tension totale  $U$  à appliquer?
4. Le courant est de  $1,8 \text{ A}$ . Déterminer la masse de nickel déposée au bout d'une heure.
5. On fournit un diagramme  $i = f(E)$  comme celui-ci-dessous. À quoi correspondent les branches AB, BC, CD et EF?

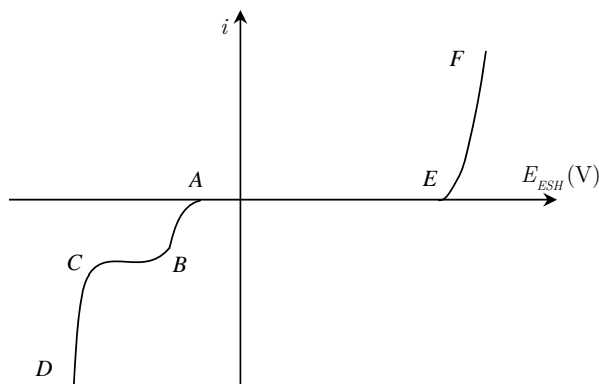


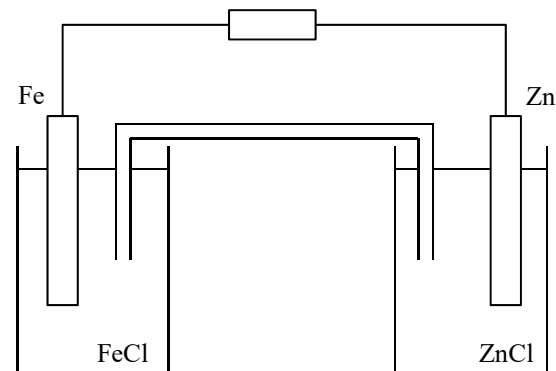
Fig. 71 – Courbe intensité-potential de la solution

Données :

- >  $E^\circ(\text{Ni}^{2+}(\text{aq})/\text{Ni}(\text{s})) = -0,26 \text{ V}$
- >  $E^\circ(\text{H}^+(\text{aq})/\text{H}_2(\text{g})) = 0,00 \text{ V}$
- >  $E^\circ(\text{O}_2(\text{g})/\text{H}_2\text{O}) = 1,23 \text{ V}$
- >  $M(\text{Ni}) = 58,7 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$
- >  $F = 96\,500 \text{ C}\cdot\text{mol}^{-1}$

### 369 – Pile Fer - Zinc (Fayolle8-213)

Les concentrations en chlorure de fer (II) et en chlorure de zinc (II) sont de :  $C = 0,1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ .



Données :

- >  $\text{p}K_S(\text{Fe(OH)}_2(\text{s})) = 15$
- >  $\text{p}K_S(\text{Zn(OH)}_2(\text{s})) = 16$
- >  $E^\circ(\text{Fe}^{2+}(\text{aq})/\text{Fe}(\text{s})) = -0,44 \text{ V}$
- >  $E^\circ(\text{Zn}^{2+}(\text{aq})/\text{Zn}(\text{s})) = -0,76 \text{ V}$

Initialement, on se place à  $\text{pH} = 4$ .

1. Les solutions sont-elles limpides?
2. Déterminer la polarité de la pile.
3. Déterminer la fem initiale de la pile.
4. Déterminer les pH de précipitation de  $\text{Fe(OH)}_2(\text{s})$  et  $\text{Zn(OH)}_2(\text{s})$ .
5. En déduire que 3 zones de pH apparaissent. Déterminer l'expression de la fem initiale de la pile en fonction du pH.

### 370 – Fil et ARQS (PT17-Fayolle9)

On donne  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H}\cdot\text{m}^{-1}$ . On considère un fil parcouru par un courant  $i = I_0 \cos(\omega t)$ .

1. Écrire les équations de Maxwell dans le vide.
2. Expliquer qualitativement l'ARQS.
3. Déterminer  $R_{\max}$ , distance maximale caractéristique telle que l'ARQS reste valable pour  $f = 50$  Hz.
4. Réécrire les équations de Maxwell dans le cadre de l'ARQS.
5. Calculer le champ magnétique en un point  $M$  situé à une distance  $r$  du fil.
6. Tracer des lignes de champ.

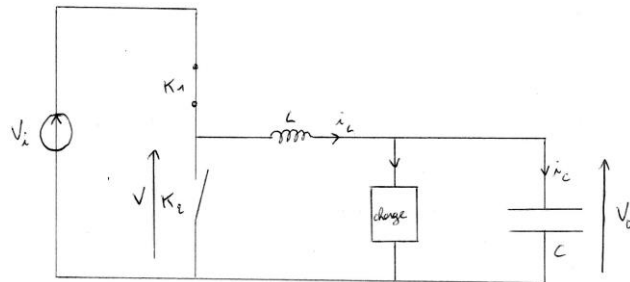
On considère une bobine plate carrée de côté  $a$  et comportant  $N$  spires fermée sur une ampoule. On place l'un des côtés de la bobine carrée parallèlement au fil précédent. Le plan contenant la bobine contient aussi le fil. On suppose la bobine non résistive (hypothèse à formuler par le candidat).

7. Faire un dessin du dispositif.
8. Déterminer la tension aux bornes de l'ampoule pour une distance  $b$  entre le fil et la bobine

### 371 – Électronique de puissance (PT17-Fayolle10)

Dans un premier temps, on considère les tensions  $V_i$  et  $V_0$  constantes (pour les questions 1 à 3).

- De  $t = 0$  à  $t = \alpha T$ ,  $K_1$  est fermé et  $K_2$  est ouvert.
- De  $t = \alpha T$  à  $t = T$ ,  $K_1$  est ouvert et  $K_2$  est fermé.



Hacheur série

Le régime est établi et périodique de période  $T$ .

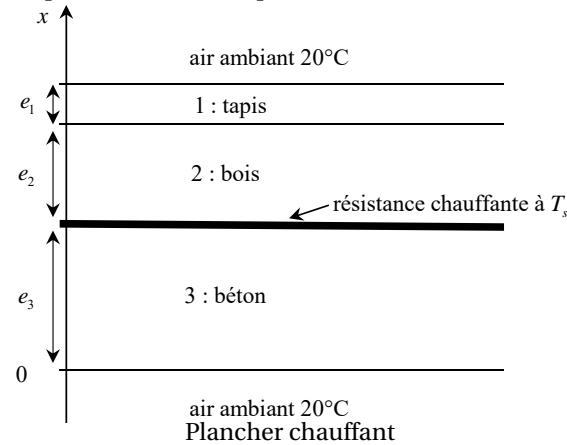
1. Déterminer l'expression de  $i_L$  en fonction du temps entre  $t = 0$  et  $t = \alpha T$ . On note  $I_{\min}$  et  $I_{\max}$  les valeurs minimales et maximales de  $i_L$ . On exprimera  $i_L$  en fonction de  $V_i$ ,  $V_0$ ,  $L$ ,  $I_{\min}$  et  $I_{\max}$  (pas forcément les deux...).  
Puis entre  $t = \alpha T$  à  $t = T$ ,  $K_1$  en fonction de  $V_i$ ,  $V_0$ ,  $\alpha T$ ,  $L$ ,  $I_{\min}$  et  $I_{\max}$ .
2. Tracer l'allure du courant dans la bobine en fonction du temps, ainsi que l'allure de la tension  $V$  aux bornes de  $K_2$ .

3. Exprimer  $V_0$  en fonction de  $V_i$  et  $\alpha$ . Pour cela, on peut écrire  $\Delta i_L$  de deux façons avec les expressions de la première question.

### 372 – Plancher chauffant (PT17-Fayolle11)

On s'intéresse à un plancher chauffant de surface  $S = 20$  m<sup>2</sup>.

On se place en régime permanent. La température de la résistance chauffante est de 24 °C.



On donne les conductivités thermiques :  $\lambda_1 = 0,5 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$  (pour le tapis),  $\lambda_2 = 0,2 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$  (pour le bois),  $\lambda_3 = 1,75 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$  (pour le béton).

On donne aussi les différentes épaisseurs :  $e_1 = 3$  mm (pour le tapis),  $e_2 = 2$  cm (pour le bois),  $e_3 = 30$  cm (pour le béton).

1. Établir l'expression des résistances thermiques  $R_{th1}$ ,  $R_{th2}$  et  $R_{th3}$ .
2. Sachant que les échanges thermiques entre le tapis et l'air ainsi qu'entre le béton et l'air sont considérés de type conducto-convectifs, établir l'expression de la résistance thermique  $R_{thcc}$ , équivalente à ces interfaces. On rappelle que les transferts conducto-convectifs de surface suivent la loi de Newton :  $j_Q = h(T_s - T_f)$  où  $j_Q$  est la densité de flux thermique sortant du solide,  $T_s$  la température de la surface du solide,  $T_f$  la température du fluide et  $h$  le coefficient de transfert thermique conducto-convectif de surface. On supposera  $h = 10$  SI quelle que soit la surface d'échange.
3. Par analogie avec l'électricité, donner un montage de résistances équivalent à ce système.
4. Calculer le flux thermique  $\phi_1$  traversant le bois et le tapis.
5. On place une couche d'isolant (de conductivité thermique  $\lambda_{iso} = 0,04 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$  sous le béton. Déterminer l'épaisseur d'isolant nécessaire pour que les pertes thermiques à travers le béton soient inférieures à 5 % de celles à travers le tapis...

### 373 – Condensateur plan et champ disruptif (03-203-bis)

Soit un condensateur plan formé de deux armatures circulaires (1) et (2) de rayon  $R = 10$  cm. Ces deux armatures sont séparées par un isolant d'épaisseur  $e = 2$  mm, de permittivité relative  $\epsilon_r = 4$ . On admet que la seule présence de l'isolant a pour effet de multiplier la permittivité du vide  $\epsilon_0$  par  $\epsilon_r$ . Ce condensateur est soumis à la différence de potentiel  $V_1 - V_2 = 100$  V. On rappelle la relation de passage  $\vec{E}_2 - \vec{E}_1 = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \vec{n}_{1 \rightarrow 2}$ .

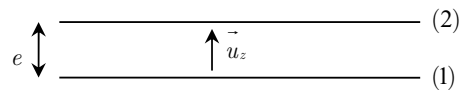


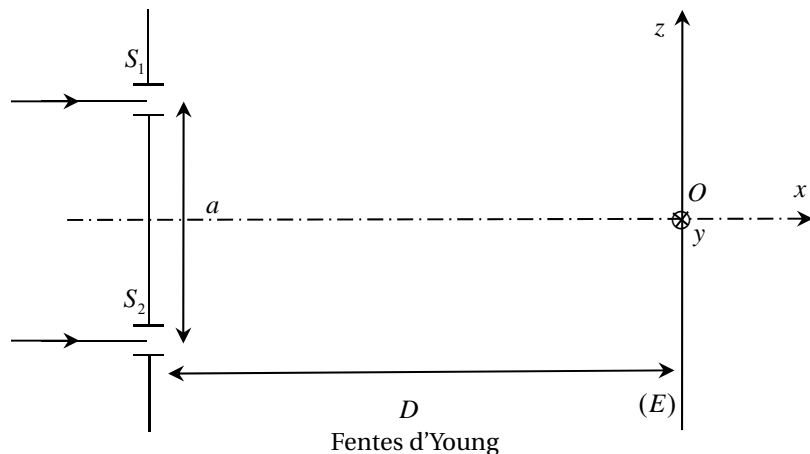
Fig. 72 – Condensateur plan

1. Que vaut la capacité du condensateur? Faire l'application numérique.
2. Démontrer l'expression du champ électrostatique entre les armatures (on négligera les effets de bord). On vérifiera que l'on trouve le même résultat avec Maxwell-Gauss (on suppose le champ nul à l'extérieur) ou l'équation de Poisson.
3. Déterminer par deux méthodes différentes la densité surfacique de charge de l'armature (1). Que vaut celle de l'autre armature?
4. Le champ maximal que peut supporter l'isolant est  $E_0 = 8 \cdot 10^6$  V·m<sup>-1</sup> (champ disruptif). Déterminer la différence de potentiel  $V_1 - V_2$  maximale pour éviter la destruction du condensateur?

Donnée :  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$  F·m<sup>-1</sup>.

### 374 – Fentes d'Young et résolution de l'oeil (PT17-Fayolle12)

Soit un dispositif de fentes d'Young (fentes  $F_1$  et  $F_2$  distantes de  $a = 2,0$  mm) éclairé à l'aide d'une source ponctuelle  $S$ , monochromatique de longueur d'onde  $\lambda_0 = 600$  nm, et située à l'infini. Le faisceau arrive perpendiculairement au plan des fentes. L'écran d'observation est placé à une distance  $D = 20$  cm des fentes.



1. Déterminer la forme et la nature des franges. Exprimer l'intensité lumineuse  $I$  en fonction de  $z$ .

Un oeil emmétrope (oeil sans défaut visuel) voit nettement des objets placés à des distances variant de 25 cm à l'infini, et a un pouvoir de résolution de 1,2 minutes d'arc.

2. L'oeil peut-il distinguer les franges? Argumenter.
3. On ajoute à présent une lentille convergente de distance focale  $f'$  pour une observation à l'infini. Déterminer l'inégalité sur  $f'$  pour que l'oeil puisse distinguer les franges.

### 375 – Vitesse d'un marcheur (PT17-Fayolle13)

Retrouver, en fonction des dimensions de votre corps, l'ordre de grandeur de la vitesse de marche naturelle.

Donnée : le moment d'inertie d'une tige rectiligne, homogène, de masse  $m$  et longueur  $\ell$  par rapport à une de ses extrémité vaut  $J = m\ell^2/3$ .

Oral 2016

### 376 – Formation de glace sur un lac (Belhadj-2016)

On considère un lac où l'eau liquide est en permanence à la température de congélation  $T_f = 273$  K. L'air au dessus du lac est à la température constante  $T_a = 263$  K. À l'instant initial  $t = 0$ , le lac est couvert d'une pellicule de glace d'épaisseur  $e_0$  puis se couvre progressivement d'une couche de glace dont l'épaisseur à l'instant  $t$  est notée  $e(t)$ .

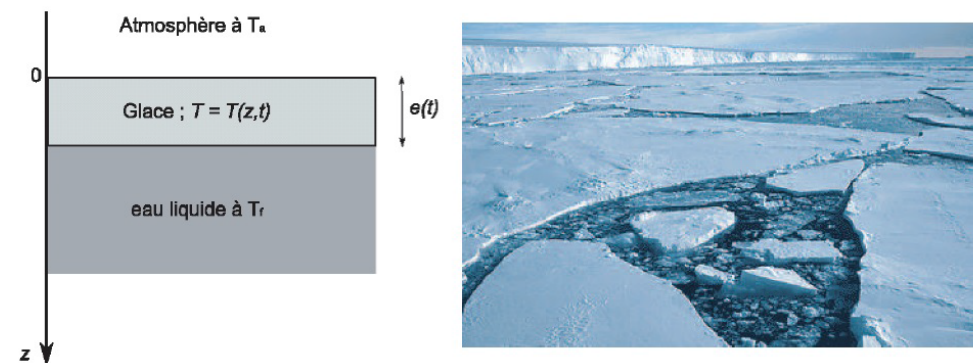


Fig. 73 – Gel d'un lac

La glace a une masse volumique  $\rho = 9 \cdot 10^2$  kg·m<sup>-3</sup>, une conductivité thermique  $\lambda = 20,9 \cdot 10^{-4}$  kW·m<sup>-1</sup>·K<sup>-1</sup>. Sa capacité thermique sera négligée, et sa chaleur latente de fusion a pour valeur  $L_f = 334,4$  kJ·kg<sup>-1</sup>. D'autre part, les échanges thermiques entre la surface libre de la glace et l'air s'effectuent par convection. L'énergie thermique transférée pendant une durée  $dt$  et pour une surface  $S$  de glace est donnée par :  $\delta Q = h[T_0(t) - T_a]S \cdot dt$  avec  $T_0(t)$  la température de la glace en  $z = 0$ , et  $h = 4,18 \cdot 10^2$  kW·m<sup>-2</sup>·K<sup>-1</sup>.

1. Donner la loi de Fourier.
2. Déterminer l'équation de diffusion dans la glace.
3. La glace se forme doucement. Préciser ce que cela signifie et quelles en sont les conséquences.
4. Déterminer  $T_0(t)$ , on notera  $\alpha = \lambda/e$ . Commentaire.
5. Comment s'appelle le terme  $h$ ?

### 377 – Scie à induction (Belhadj-2016)

On modélise une scie dont la lame n'est qu'en translation par le schéma 74. La tige en déplacement et la lame ont une masse totale  $m$ . Les guides ont une résistance négligeable devant la résistance  $R$  de la tige.

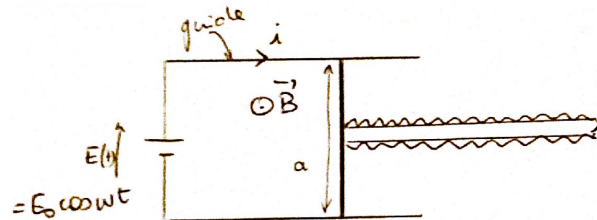


Fig. 74 – Scie à induction

1. Établir les équations différentielles régissant le problème.
2. Déterminer  $v(t)$  en régime permanent.

### 378 – Vitesse de libération (Bente et Larquier-2016)

1. Définition de la force gravitationnelle.
2. Calculer la vitesse de libération à la surface de la terre.

Données : Masse de la terre  $M_T = 6 \cdot 10^{24}$  kg, rayon de la terre  $R_T = 6400$  km, constante de gravitation universelle  $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$  m<sup>3</sup>·kg<sup>-1</sup>·s<sup>-2</sup>.

Question supplémentaire de l'examinateur : Tracer et expliquer les graphiques état de diffusion et état lié.

### 379 – Isolation thermique d'un cylindre (Bente et Larquier-2016)

Un cylindre de rayon  $a$  et de longueur  $L$  est à la température  $T_1 = 304$  K. Il est entouré d'une gaine d'épaisseur  $e$  et de conductivité thermique  $\lambda = 0,9$  SI. L'extérieur est à la température  $T_2 = 275$  K.

1. Définir la loi de Fourier avec le nom des grandeurs et les dimensions.
2. Définir la résistance thermique (Il voulait la loi d'ohm thermique). Explications et dimensions.

3. Après avoir effectuer un bilan enthapique, exprimer la résistance thermique de la gaine.
4. Quelle doit être l'épaisseur  $e'$  de la gaine si l'on veut diviser les pertes thermiques par 2?

### 380 – Détente de vapeur dans une turbine (Bernaud-2016)

De la vapeur subit une détente adiabatique réversible dans une turbine et passe d'un état 1 ( $P_1 = 100$  bar,  $T_1 = 700$  K) à un état 2 ( $P_2 = 1$  bar). On donne en annexe un diagramme ( $T, s$ ) figure 75.

1. Où se situe la vapeur et le mélange vapeur/liquide dans le diagramme? Tracer l'isobare de 1 bar sur le diagramme et donner des ordres de grandeur de l'entropie et l'enthalpie de la vapeur à l'état 1.
2. Calculer l'énergie mécanique transmise à la turbine lors de la détente.
3. Le rendement de la turbine est de 80 % et le débit massique de la vapeur à son entrée est de 0,1 kg/s. Calculer alors la puissance électrique délivrée par la turbine.
4. Quel est l'état du fluide en sortie de la turbine?

Question bonus : démontrer le théorème des moments.

### 381 – Freinage d'un skeleton par induction (Bernaud-2016)

Le skeleton (fig 76) est un sport d'hiver qui se pratique dans un couloir de glace en pente. L'athlète est allongé sur une planche qui glisse sur la glace sans frottement et le but est d'arriver en bas le plus vite possible. Arrivé en bas de la piste pentue, l'engin arrive sur une plate-forme de freinage horizontale sur laquelle règne un champ  $\vec{B} = B_0 \cdot \vec{u}_z$  uniforme constant entre  $x = 0$  et  $x = L$  et sur une largeur supérieure à  $l$ . Sous le skeleton se situe un cadre métallique conducteur de longueur  $L$  et de largeur  $l$ . La position du skeleton est repérée à l'avant du cadre métallique. À la fin du freinage, le skeleton a une vitesse  $v_0 = 5$  m/s.

1. Calculer la fem induite du skeleton en distinguant différents cas différents.
2. Établir les équations électrique et mécanique. Question bonus : Vous attendiez vous à un freinage? Pourquoi n'aurait ce pas pu être une accélération?
3. En déduire l'équation différentielle sur la vitesse. (il y avait une deuxième partie à la question dont je ne me souviens plus ... Résoudre l'equa diff je suppose?)
4. Faire un bilan énergétique.

### 382 – Pression de l'air (Bernet-2016)

1. Calculer la valeur de la constante des gaz parfaits sachant qu'une mole d'air occupe  $V_{\text{air}} = 22,4$  L à 1 atm et à 0 °C. Calculer la masse volumique de l'air (air composé de 78 % d'azote, 21 % d'oxygène et d'1 % d'autres gaz dont l'argon  $M_{Ar} = 40$  g·mol<sup>-1</sup>).

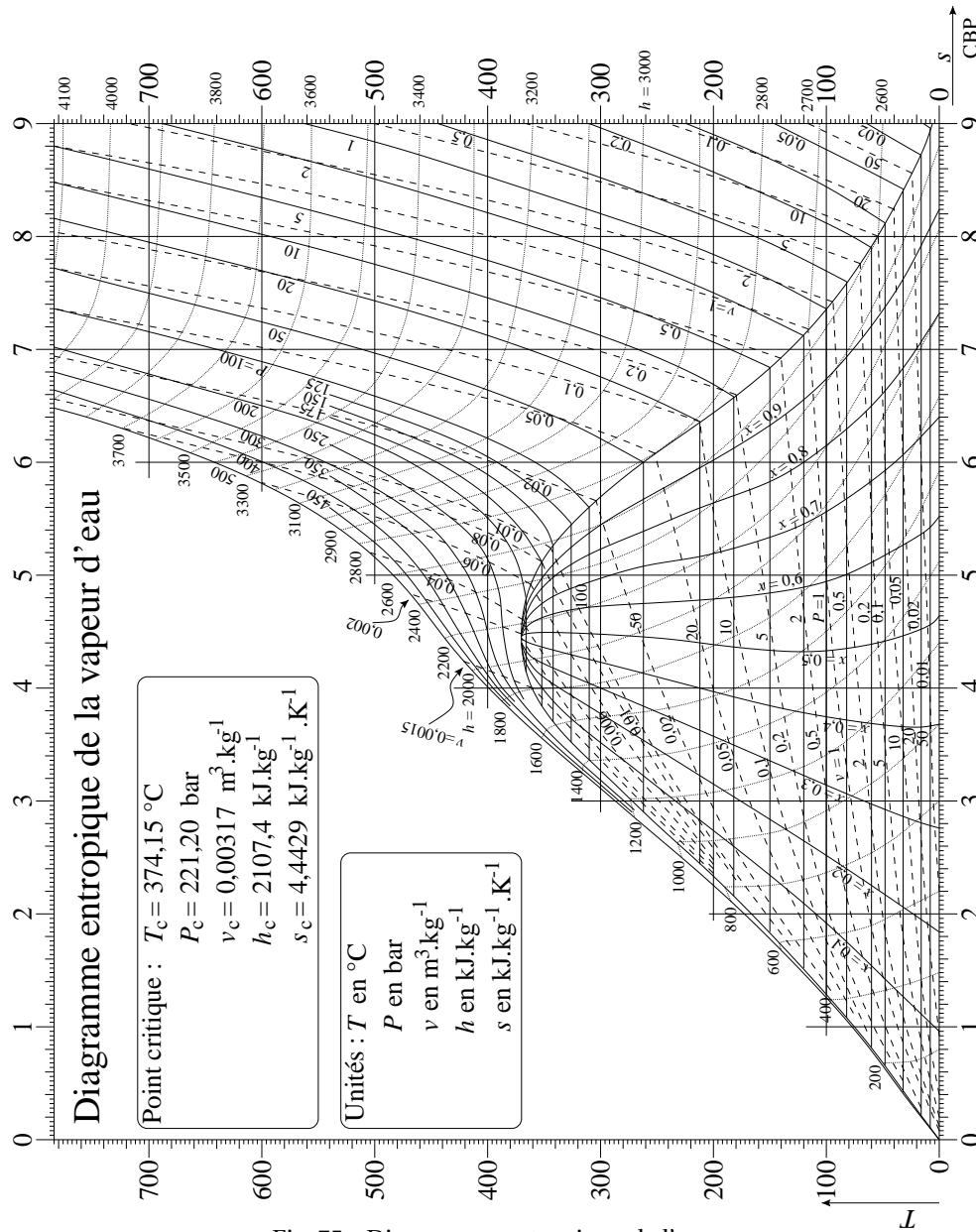


Fig. 75 – Diagramme entropique de l'eau

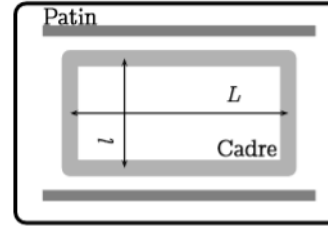


Fig. 76 – Skeleton

2. Exprimer la masse volumique de l'air en fonction de  $P$  et  $T$ .
3. Énoncer la loi de statique des fluides
4. Calculer  $P(z)$  dans le modèle de l'atmosphère isotherme.
5. Calculer le rapport  $P(z)/P(0)$ .

**383 – Réseau (Bernet-2016)**

On considère un réseau (fig 77) de  $n = 500$  fentes par mm.

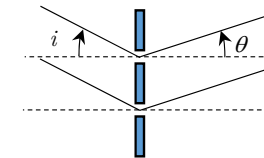


Fig. 77 – Réseau par transmission

1. Quels phénomènes sont mis en jeu?
2. Démontrer la formule des réseaux.
3. Exprimer la déviation  $D$  en fonction de  $i$  et  $\theta$ .
4. Comment mesure-t-on expérimentalement la déviation? Calcul de  $i$  avec  $\theta = -i$ .
5. Même configuration, calcul de  $\lambda$  avec  $k = 2$  et  $D = 37,51 \text{ }^\circ$ .

**384 – Transformation adiabatique réversible (Clavé-2016)**

Soit une transformation adiabatique réversible.

De l'eau, passe d'un état de vapeur saturante (état 1) à un état 2 via cette transformation.  
 Données :  $T_1 = 495 \text{ K}$ ,  $P_1 = 20 \text{ bar}$ ,  $T_2 = 373 \text{ K}$ ,  $P_2 = 1 \text{ bar}$ ,  
 $h_L(T_1) = 908,5 \text{ kJ/kg}$ ,  $h_L(T_2) = 417,5 \text{ kJ/kg}$ ,  $h_V(T_1) = 2797,2 \text{ kJ/kg}$ ,  $h_V(T_2) = 2675,4 \text{ kJ/kg}$   
 $s_L(T_1) = 2,45 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ,  $s_L(T_2) = 1,2 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ,  $s_V(T_1) = 6,35 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ,  $s_V(T_2) = 7,35 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ .

1. Représenter la transformation dans un diagramme  $(T, s)$

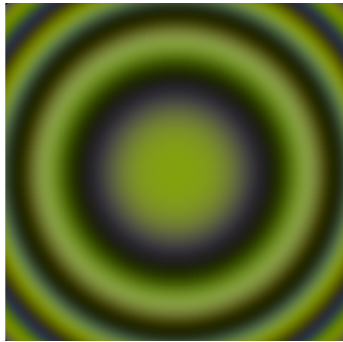
2. Trouver le titre massique de vapeur dans l'état 2.
3. Cette réaction ayant lieu dans une turbine, trouver  $w_i$ .

Bonus :

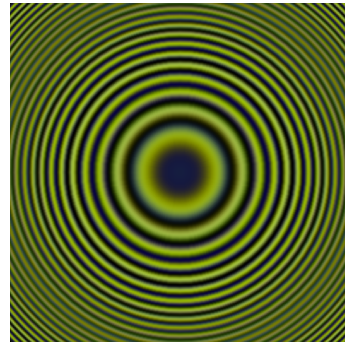
- Démontrer le théorème des moments

### **385 – Michelson et lampe à mercure (Clavé-2016)**

On dispose d'un interféromètre de Michelson, éclairé par une lampe à vapeur de mercure ( $P = 5$  bar) suivie d'un filtre vert dont la bande passante à 20 nm est de longueur supérieure à la largeur de la raie verte. Pour la raie verte, on donne la longueur d'onde moyenne  $\lambda_m = 448,6$  nm. On observe les figures suivantes 385 et 385 :



Position 1



Position 2

1. Représenter le dispositif avec et sans lentille de projection de distance focale  $f'$ .
2. Exprimer la différence de marche en fonction de l'angle d'incidence des rayons (noté  $i$ ) et de l'épaisseur de la lame d'air (notée  $e$ )
3. Que se passe-t-il lors du passage de la figure 385 à la figure 385? Comment évolue  $e$ ? Les anneaux rentrent-ils ou sortent-ils? Pourquoi? (on se placera à  $p = \text{cste}$ )
4. On chariote de part et d'autre du contact optique jusqu'à trouver deux positions de contraste nul.
  - a. Que se passe-t-il?
  - b. On relève la distance entre ces deux événements :  $0,32 \mu\text{m}$ . Trouver  $\ell_c$  et  $\Delta\lambda$ .

### **386 – Sonde Pitot (Comberton-2016 idem Lescanne 2015)**

Voir Lescanne 2015

### **387 – Filtre Passe Bande (Comberton 2016)**

1. A l'aide des composants  $R$ ,  $L$  et  $C$  en résonnant en BF et HF, dire comment on doit assembler ces éléments pour réaliser un filtre passe-bande. Déterminer alors la fréquence centrale  $f_0$  et le facteur de qualité  $Q$ .

Un graphe sur un séismose à commenter?????

Utilisation du RLC pour du filtrage????? Trop de données manquantes

### **388 – Images de franges (De Castro-2016)**

Photos de franges verticales, sur un écran a une distance  $D = 1$  m d'un dispositif,  $\lambda = 589$  nm (lampe de sodium). La photo est à l'échelle 1, la distance entre chaque frange est de 1 mm.

1. Quel dispositif permet d'obtenir la photo?
2. Donner les paramètres géométriques du dispositif

Question du jury : Démontrer la différence de marche des Trous d'Young.

### **389 – Force inconnue (De Castro-2016)**

On considère une particule de masse  $m$  et a une distance  $r$  d'un point fixe  $O$ .  $E_p(r) = a/r^{12} - b/r^6$ ,  $a$  et  $b$  constantes positives.

1. Trouver la force  $\vec{F}$  exercée. Condition pour qu'elle soit dispersive, attractive.
2. Montrer que le mouvement est plan et que la loi des aires est vérifiée.
3. Montrer que  $E_m(r) = f(r') + g(r)$  ( $r'$  est la dérive de  $r$ ).

### **390 – Synthèse du méthanol (Expert-2016)**

Étude de  $\text{CO} + 2\text{H}_2 = \text{CH}_3\text{OH}$ , les réactifs sont introduits en proportions stœchiométriques,  $P_1 = 1$  bar,  $T = 300$  K, tous les éléments sont à l'état gazeux. On définit le rendement :  $\eta = \xi_{\text{eq}}/\xi_{\text{max}}$ , on donne :  $\xi_{\text{eq}} = 0.85\xi_{\text{max}}$

1. Déterminer  $K^\circ$ .
2. On fixe  $P_2 = 2$  bar, est-ce que le rendement de la réaction est amélioré?
3. On donne la valeur de  $\eta$  pour une autre température. Calculer  $\Delta_r H^\circ$ .

### **391 – Étude d'un barrage (Expert-2016)**

On considère la canalisation en amont de la turbine du barrage figure 78. On suppose le régime permanent. On donne : surface conduite entrée  $\Sigma_E = 3$  m<sup>2</sup>, surface conduite sortie  $\Sigma_S = 1$  m<sup>2</sup>, vitesse en sortie  $v_S = 2$  m/s,  $H = 50$  m.

1. Démontrer PPSO et l'appliquer au fluide
2. On suppose  $T_s > T_e$ , signe de  $q$ ? (En gros), Conséquence?
3. Pourquoi peut-on considérer que l'écoulement est adiabatique?
4. On veut récupérer une puissance de 800kW, est-ce possible?
5. Pas fait...

### **392 – Vitesse de soulèvement d'un toit (Forcadell-2016)**

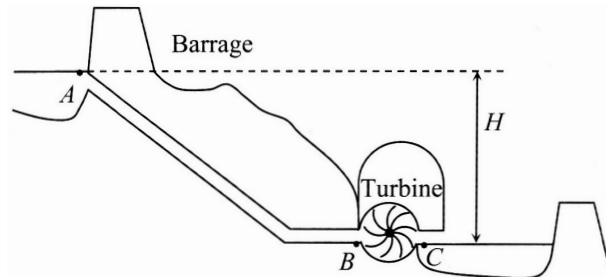


Fig. 78 – Schéma du barrage

- Un fluide incompressible de masse volumique  $\rho$  s'écoule en régime permanent dans un tube figure 79 :  
Déterminer les 2 relations liant  $P_1, S_1, v_1$  et  $P_2, S_2, v_2$ .

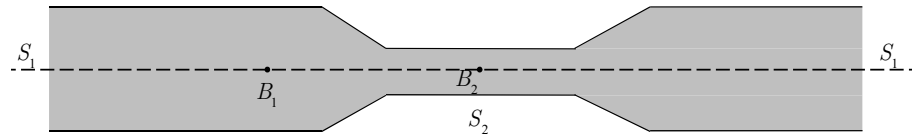


Fig. 79 – Rétrécissement dans un tube

- De l'air arrive à la vitesse  $v_0$  et rencontre un bâtiment de hauteur  $H$ . Pour  $z > 3H/2$ , on suppose que le bâtiment ne perturbe plus l'écoulement de l'air, cf fig 80. Masse volumique de l'air :  $\mu = 1,29 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$

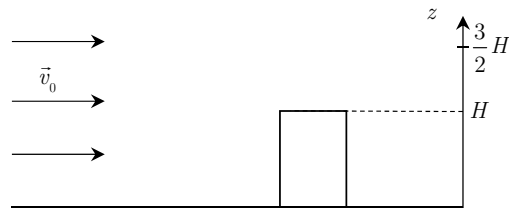


Fig. 80 – Schéma du vent qui arrive sur le toit

- Tracer les lignes de courant
- Déterminer la valeur de la pression au-dessus du toit pour  $v_0 = 30 \text{ m/s}$  On modélise maintenant un toit posé sur les murs porteurs du bâtiment de surface  $S = 100 \text{ m}^2$  et masse  $M = 1000$  tonnes.
- Déterminer la condition sur  $v_0$  de soulèvement du toit.  
Bonus : Conditions application théorème Bernoulli

### 393 – Mesure d'un oscilloscope (Forcadell-2016)

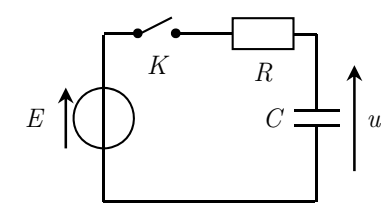


Fig. 81 – Circuit RC en transitoire

- L'interrupteur est fermé depuis longtemps (figure 81). À  $t = 0$ , on ferme l'interrupteur.
  - Déterminer l'équation différentielle vérifiée par  $u$ .
  - Montrer l'existence d'une constante de temps  $\tau$  et donner son expression. Donner l'expression de  $u_{\text{max}}$  et de  $u(t)$ .
- On branche l'oscilloscope pour observer le régime transitoire, ce qui correspond à la figure 82. On donne  $R_0 = 1 \text{ M}\Omega$ ,  $R = 1 \text{ k}\Omega$ ,  $C = 0,22 \text{ }\mu\text{F}$ ,  $C_0 = 30 \text{ pF}$ .

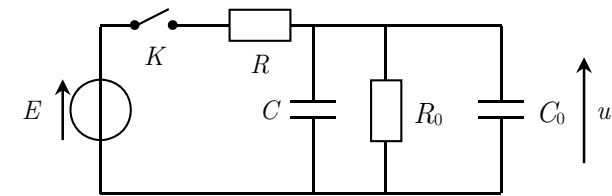


Fig. 82 – Circuit RC en transitoire

Mêmes conditions initiales.

- Déterminer l'équation différentielle vérifiée par  $u$ .
- Donner l'expression de  $\tau'$ .
- Donner l'expression de  $u_{\text{max}}$  et  $u(t)$ .
- Déterminer l'erreur relative  $\epsilon$  sur la mesure de  $u_{\text{max}}$ . (Questions supplémentaires non faites sur l'écart des tensions max...)

Bonus :

- > Comment peut-on trouver rapidement  $u_{\text{max}}$  (circuit oscilloscope)?
- > Commenter la valeur de  $R_0$ . Est-ce normal d'avoir une résistance aussi grande?

### 394 – Michelson motorisé (Gachon-2016)

On considère un Michelson réglé en lame d'air, éclairé par une source étendue. On mesure l'intensité au même point en sortie en fonction du temps avec une feuille photosensible qui avance de  $1 \text{ cm/s}$ . Le Michelson est équipé d'un miroir motorisé qui se déplace de  $1 \text{ }\mu\text{m/s}$ . On obtient en sortie  $0,29 \text{ cm}$  entre 2 pics.

- Conditions sur l'éclairage et la source?
- Expliquer le signal observé.

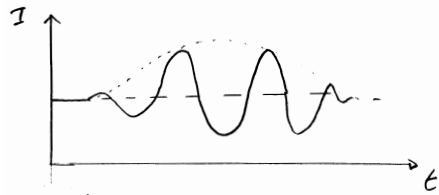
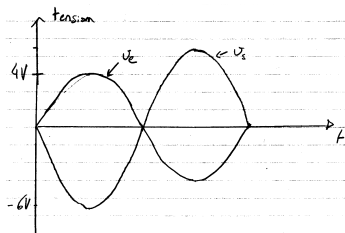


Fig. 83 – Éclairement en sortie du Michelson

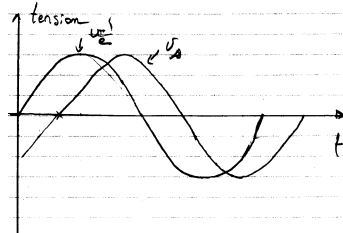
- La distance entre deux pics est de 0,29 cm, comment avoir la longueur d'onde de la source utilisée.
- Condition de brouillage pour une source étendue.

**395 – Détermination d'un filtre (Gachon-2016)**

Soit les deux oscillogrammes figures 395 et 395.



f = 1 kHz



f = 8 kHz

- On considère un filtre dont la fonction de transfert est de la forme

$$\frac{H_0}{1 + jQ(x - \frac{1}{x})}$$

avec  $x = \frac{\omega}{\omega_0}$ . Déterminer  $H_0$ ,  $f_0$  et  $Q$ .

- On règle l'oscilloscope en mode XY, que voit-on en sortie dans le cas de l'oscillogramme 395.
- On considère une nouvelle entrée  $v_e = 1 + \cos(\omega t)$  à la fréquence  $f = 1$  kHz, quelle est la sortie?

**396 – Durée d'enregistrement d'un CD (Lascabettes-2016)**

- Établir la relation d'interférence pour 2 sources cohérentes distantes de  $a$ , une lentille convergente projette le tout sur un écran qui est dans le plan focal de la lentille, les sources sont à une distance  $D \gg f'$  de l'écran. Faire un schéma.
- On enlève la lentille, établir la différence de marche.

Soit un CD de rayon intérieur  $r_1$  et extérieur  $r_2$ , on appelle  $a$  la distance entre deux sillons. On éclaire ce CD à une distance  $D$  connue de l'écran avec un laser de longueur d'onde  $\lambda = 638$  nm, cf figure 84. On observe sur l'écran que l'ordre 1 est à une distance  $D_1$  connue.

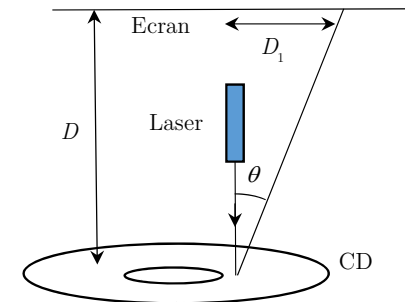
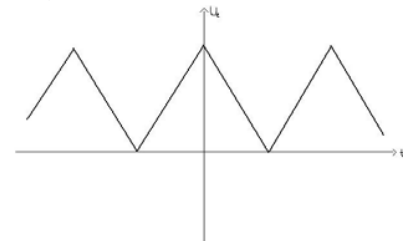


Fig. 84 – Dispositif d'éclairage du CD

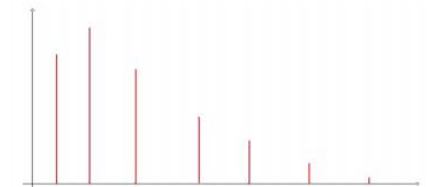
- Trouver  $a$ , la distance inter-sillon en vous servant de ce qui précède.
- On éclaire le sillon à une vitesse  $v$  connue, déterminer la durée d'enregistrement d'un CD.

**397 – Analyse spectrale (Lascabettes-2016)**

On a un signal triangulaire :  $U_e(t) = U_0 + \sum A_k \sin(2\pi f_k t) + \sum B_k \cos(2\pi f_k t)$  ( $k$  varie de 1 à l'infini)



Signal d'entrée



Spectre de fréquences du signal d'entrée

Figure 397 :  $U_e(t)$  avec 10 V comme tension maximale et de fréquence 10 kHz  
 Figure 397 : Spectre de fréquences de  $U_e(t)$ , le fondamental a une amplitude de 4 V

- Rappeler les définitions suivantes pour un signal périodique : valeur moyenne, valeur efficace, valeur crête-à-crête, fréquence. Identifier ces valeurs à l'aide des figures.
- Un des coefficients  $A_k$  ou  $B_k$  est nul, lequel?
- Que faut-il comme fréquence d'échantillonnage?
- On souhaite avoir  $U_0$ , on ajoute alors un filtre passe bas du premier ordre au signal d'entrée. Donnez un exemple d'un tel filtre.

5. On définit l'ondulation comme le rapport de la tension de la composante fondamentale crête-à-crête et de la valeur moyenne du signal. Pour une ondulation à 1 %, déterminer les caractéristiques du filtre.

### 398 – Mesure d'enthalpie standard de réaction (Meriau-Saulou-2016)

On considère la réaction  $\text{H}_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2 = \text{H}_2\text{O}$  (tout gazeux) qui se passe dans un calorimètre.

- Justifier que si la pression est constante alors en connaissance  $Q_p$  (échange thermique) permet d'obtenir  $\Delta_r H^\circ$ .
- Qu'est ce que l'approximation d'Ellingham?
- Justifier que pour être précis sur la mesure de  $\Delta_r H^\circ$ , il faut que  $T$  soit constante.
- On mesure  $\Delta_r H^\circ = -241,83 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ . En considérant un chemin fictif, montrer que la variation de température  $\Delta T = 5^\circ \text{C}$  n'influe pas trop sur la mesure de  $\Delta_r H^\circ$ , conclure sur la précision donnée sur  $\Delta_r H^\circ$  par rapport à l'imprécision sur la température.

Données :

$C_p^m (\text{J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1})$  (supposées constantes) :  $\text{H}_2(\text{g}) : 28$ ;  $\text{O}_2(\text{g}) : 31$ ;  $\text{H}_2\text{O}(\text{g}) : 34$ .

### 399 – Onde de température pour une cave (Meriau-2016)

- L'équation de la chaleur est de la forme  $\frac{\partial T(x,t)}{\partial t} = a \frac{\partial^2 T(x,t)}{\partial x^2}$ , montrer par analyse dimensionnelle que  $a = \frac{\lambda}{\rho c}$ . Comment appelle-t-on  $a$ ?
- Le sol occupe l'espace  $z < 0$  et l'air  $z > 0$ . La température de l'air suit la loi  $T(z=0, t) = T_{\text{moy}} + T_0 \cos(\omega t)$ , avec  $T_{\text{moy}}$  la température moyenne au cours de l'année. Sachant qu'il fait le plus froid le 15 février, quelle est l'expression de la température la plus élevée?
- On cherche le solution sous la forme :  $T(z, t) = T_{\text{moy}} + \theta(z, t)$ , on utilisera la notation complexe  $\underline{\theta}(z, t) = \underline{f}(z) e^{j\omega t}$ . Déterminer l'expression de  $\theta(z, t)$ .
- On sait que  $a = 5 \cdot 10^{-7} \text{ USI}$ , à quelle profondeur a-t-on une température à peu près constante?
- Justifier que l'on dise que dans une cave, la température y soit quasiment constante tout au long de l'année.

### 400 – Détente d'un fluide et moteur (Paccard-2016)

Donnée : Détente de R314a de 12 bar à 2 bar, on a un diagramme  $h$ -log  $P$  (le fluide est dans l'état de vapeur saturante à 12 bar), cf figure 85.

- On réalise une détente laminaire stationnaire et lente réalisée en faisant passer un flux de gaz au travers d'un tampon dans une canalisation calorifugée et horizontale.
  - Quel est la caractéristique de cette détente? Seul le principe vu en sup ne sera pas démontré ( $dU = \delta Q + \delta W$ ) (bonus : nom de cette détente).
  - Proportion de gaz finale? Variation d'entropie?

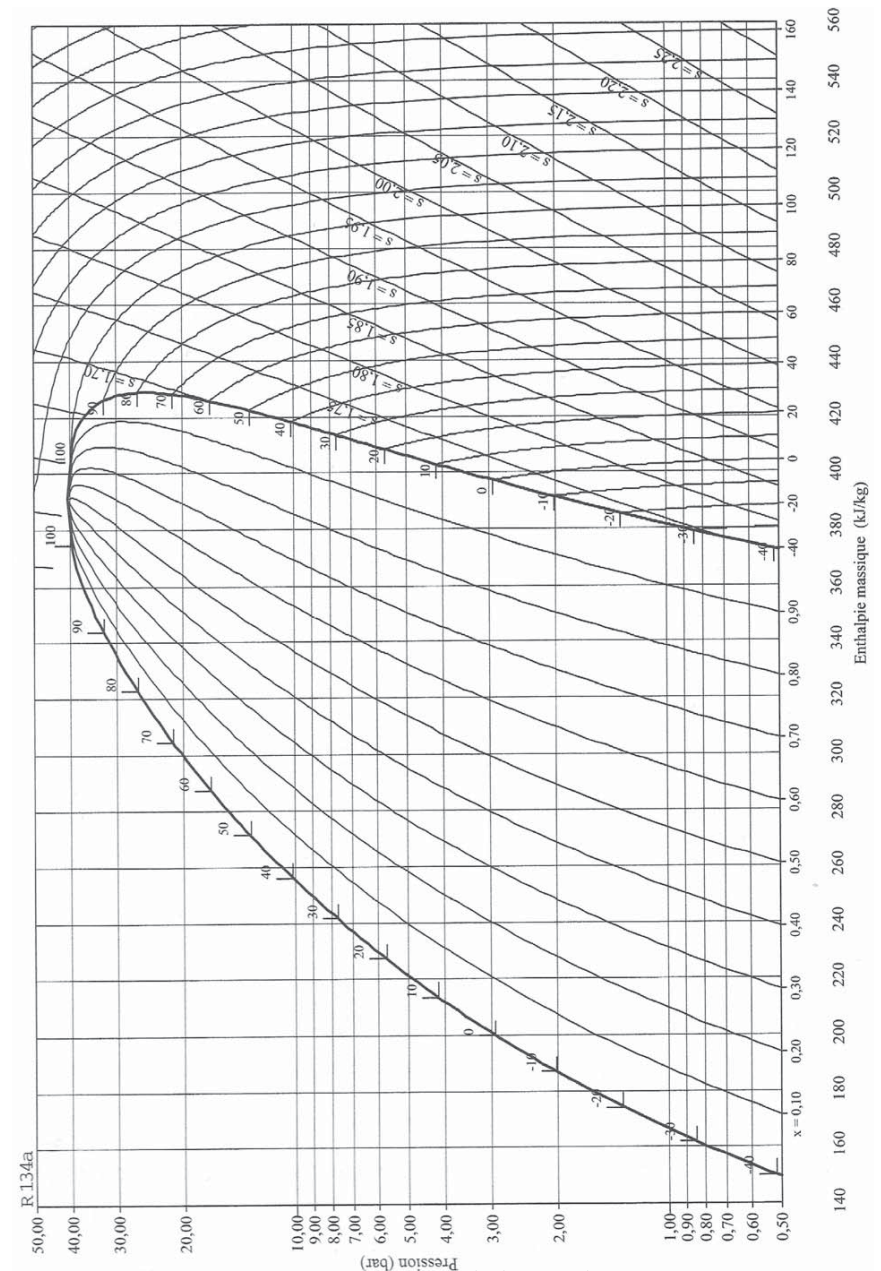


Fig. 85 – Diagramme enthalpique de R314a

(bonus : que peut on dire de cette transformation )

-Je me suis arrêté à cette question (l'énoncé était assez long mais il me semble avoir déjà fait cet exo en sup ou spé..)

- On considère le fonctionnement d'un moteur réversible avec 2 masses identiques d'eau à  $T_1$  et  $T_2$ . Écrire les deux principes en infinitésimal et en déduire la température finale des source après un temps infini.

#### 401 – Épaisseur de peau - calotte glaciaire (Pellety-2016)

On considère un métal conducteur (non magnétique) qui occupe l'espace  $z > 0$ , de conductivité  $\gamma = 1 \cdot 10^4 \text{ S}\cdot\text{m}^{-1}$ . Une onde plane polarisée selon  $\vec{e}_x$  monochromatique arrive en incidence normale sur le conducteur.

- Montrer à l'aide de l'équation de conservation de la charge que le milieu n'est pas chargé.
- Établir l'équation aux dérivées partielles de  $\vec{E}$ , sachant que l'on se place dans le cadre de l'ARQS (on précisera ce qu'implique cette approximation). Déterminer la relation de dispersion.
- Dégager de ce qui précède le terme  $\delta = \sqrt{\frac{2}{\mu_0 \gamma \omega}}$ . Préciser son unité ainsi que sa signification physique.
- Peut-on déterminer l'épaisseur de la calotte glaciaire avec 2 ondes de fréquences respectives  $f_1 = 100 \text{ kHz}$ ,  $f_2 = 30 \text{ GHz}$ , sachant que  $\gamma_{\text{eau liquide salé}} = 3 \cdot \text{m}^{-1}$  et  $\gamma_{\text{eau glacée}} = 1 \cdot 10^{-5} \text{ S}\cdot\text{m}^{-1}$ .

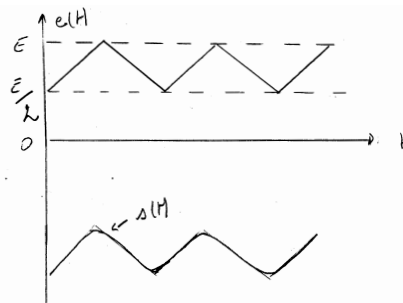
Données :

$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F}\cdot\text{m}^{-1} \text{ et } \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T}\cdot\text{m}\cdot\text{A}^{-1}$$

#### 402 – Filtre passe-bande (Pellety-2016)

On considère un filtre passe-bande de facteur de qualité  $Q = 0,2$  sur lequel on envoie le signal  $e(t)$  triangulaire compris entre  $E$  et  $\frac{E}{2}$ .

- La fréquence de résonance du filtre est égale à la fréquence de  $e(t)$ . Justifier qualitativement la forme de  $s(t)$ , figure 402.
- La fréquence de résonance du filtre est 50 fois plus importante que celle de  $e(t)$ . Quelle est la forme de la sortie  $s'(t)$ ?



Filtre passe bande

#### 403 – Michelson avec une barre de cuivre (Prévost-2016 ou Damiani-2012)

Michelson en lame d'air (montage classique), source lumineuse disponible laser de lon-

gueur d'onde  $\lambda = 632 \text{ nm}$ . Une tige de cuivre touche un des miroirs par une extrémité l'autre extrémité étant fixe, longueur initiale de la tige :  $L_0 = 59,3 \text{ cm}$ , température initiale  $\theta_0$ . La tige est fixé au miroir le plus loin de la séparatrice. Une augmentation de la longueur de la tige rapproche alors le miroir de la séparatrice.

On désire réaliser une source ponctuelle.

non demandé : schéma équivalent (source fictive, lentille convergente, miroir M'...)

- Qu'observe-t-on à l'écran? Justifier.
- Que se passe-t-il si l'on chauffe la barre de cuivre? Qu'observe-t-on? (sens de défilement des franges...)  
On observe 2642 franges défilent au centre de l'écran lorsque la barre subit une variation de température de  $\Delta\theta = 78,9^\circ$
- On suppose que la section de la barre reste constante. Soit  $\alpha$  le coefficient de dilatation à pression constante du cuivre. Exprimer  $\alpha$  en fonction de  $L_0$ ,  $\Delta L$  variation de longueur de la barre,  $\lambda$  et  $\Delta\theta$ . Calculer  $\alpha$ .
- Comparer à la valeur  $\alpha = 1,70 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ .

#### 404 – Chimie de l'ammoniac (Prévost-2016)

Le nitrate d'ammonium  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  est un composé important de l'industrie chimique. Il constitue l'engrais le plus utilisé en France en raison de sa forte teneur en azote (35 % enmasse). Il est également à la base de la fabrication du protoxyde d'azote  $\text{N}_2\text{O}$ , gaz utilisé en médecine comme anesthésiant.

- Donner un schéma de Lewis pour chacun des ions constitutifs  $\text{NH}_4^+$  et  $\text{NO}_3^-$  dans lesquels l'azote est toujours l'atome central. On précisera les charges formelles éventuellement portées par chaque atome.
- Quelle est la masse volumique du nitrate d'ammonium qui cristallise dans une structure ionique cubique de paramètre de maille  $a = 400 \text{ pm}$ , avec  $\text{NH}_4^+$  au sommets du cube et  $\text{NO}_3^-$  au centre? Le rayon de  $\text{NH}_4^+$  est d'environ  $200 \text{ pm}$ .
- Calculer le rayon de  $\text{NO}_3^-$ ?
- On synthétise de l'ammoniac  $\text{NH}_3$ , à partir de dihydrogène et diazote. Écrire la réaction de synthèse de l'ammoniac avec un coefficient stœchiométrique unitaire dont on connaît  $\Delta_r H^\circ = -91,8 \text{ kJ/mol}$  et  $\Delta_r S^\circ = -197,9 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$
- Quelle température doit on avoir pour que le taux d'avancement soit de 50 % à  $P = 200 \text{ bar}$ ?
- Que se passe-t-il pour des variations de  $P$  et  $T$ ?

#### 405 – Cage de Faraday (Relange-2016)

Objectif : Savoir si une feuille d'aluminium peut isoler un téléphone portable.

Les fréquences sont comprises entre 800 et 2000 MHz. On donne  $\epsilon_0 = 8,8 \cdot 10^{-12} \text{ kg}\cdot\text{m}\cdot\text{A}^{-2}\cdot\text{s}^{-2}$ ,  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H}\cdot\text{m}^{-1}$ . On note  $\sigma = 3,8 \cdot 10^7 \text{ S}\cdot\text{m}^{-1}$  la conductivité électrique du métal,  $\vec{E}_i = E_0 \cdot \exp(j(\omega t - kz)) \vec{u}_x$ , le champ incident et  $\vec{E}_t = E'_0 \cdot \exp(j(\omega t - k'z)) \vec{u}_x$ , le champ transmis. La feuille de métal peut être considérée comme un plan infini occupant l'espace  $z > 0$

1. Discuter de la forme de l'onde transmise.
2. Comparer  $j_c$  et  $j_d$
3. En utilisant l'équation de conservation de la charge et Maxwell Gauss, montrer que la densité volumique de charge est toujours nulle.
4. Déterminer l'équation de propagation dans le métal.
5. Montrer que le champ transmis s'écrit sous la forme  $\vec{E}_t = E'_0 \cdot e^{-(k/\delta)} \cdot \cos(\omega t - (k/\delta)z) \vec{u}_x$ .
6. Répondre à la problématique.

#### 406 – Dosage de l'ion hydrogénosulfite (Relange-2016)

On veut connaître la concentration de  $\text{HSO}_3^-$  dans une solution qu'utilise l'industrie alimentaire. Pour cela on prélève 20 mL d'une solution. On procède par titrage, figure 86. On utilise pour cela une solution de soude à 0,1 mol/L, les équivalences ont lieu à 6 mL et 12 mL.

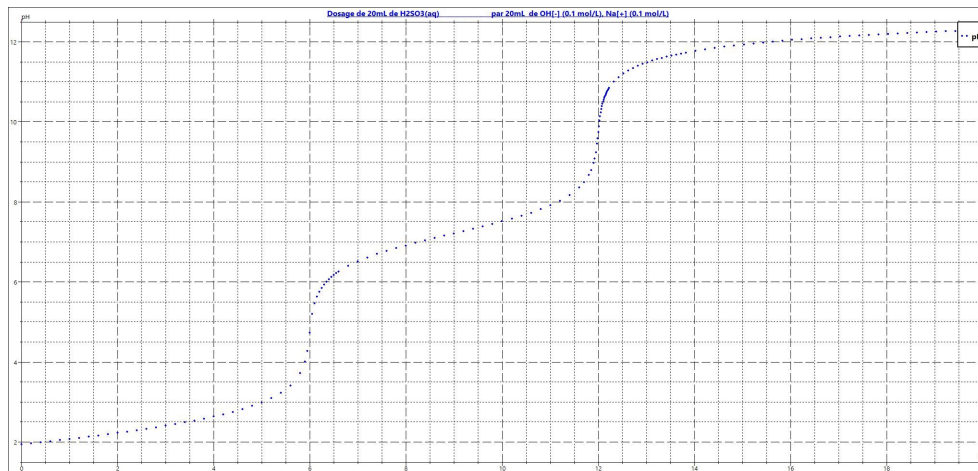


Fig. 86 – Courbe de dosage de la solution d'hydrogénosulfite par la soude

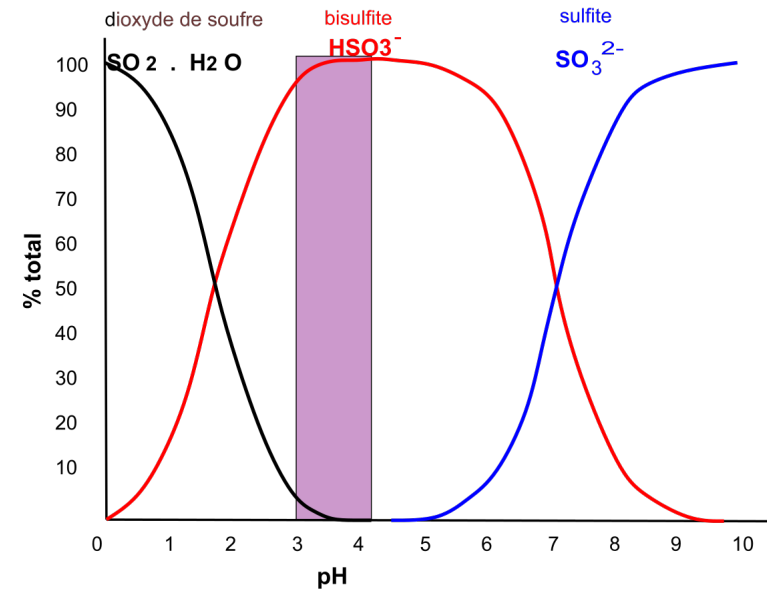


Fig. 87 – Abondance relative des espèces en fonction du pH

1. Écrire les deux équations correspondant à la double acidité de  $\text{SO}_2$ . Déduire de la figure 87, la valeur des  $\text{pK}_a$ , ainsi que le diagramme de prédominance des espèces.
2. **a.** Déduire du dosage, la concentration en  $\text{SO}_2$  initialement dans la solution.  
**b.** Que dose-t-on lors du second dosage?
3. Déduire le pH de la solution de  $\text{HSO}_3^-$  et sa concentration avant de réaliser le premier dosage.

#### 407 – Force de poussée d'une tuyère (Rigobert-2016)

On considère un gaz, dont le comportement est identique à celui d'un gaz parfait. Ce gaz passe dans une tuyère, la vitesse à l'entrée de la tuyère est négligeable, la température du gaz en entrée vaut  $T_e = 1000 \text{ K}$ , et sa pression  $P_e = 2,5 \text{ bar}$ . En sortie de la tuyère le gaz est à la pression  $P_s = P^o = 1 \text{ bar}$ . De plus, l'écoulement dans la tuyère est isentropique. Données :  $\rho = 1,2 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  à 298 K et pression de 1 bar et  $c_p = 1000 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

1. Déterminer la vitesse du gaz en sortie de tuyère, ainsi que sa température  $T_s$ .
2. La poussée d'une tuyère correspond à l'effort nécessaire pour la maintenir immobile. On souhaite avoir une poussée de  $F = 50000 \text{ N}$ . Par un bilan en quantité de mouvement, déterminer la section  $S$  de sortie de la tuyère pour obtenir un tel effort.

**408 – Interféromètre (Rigobert-2016)**

Soit l'interféromètre de la figure 88.

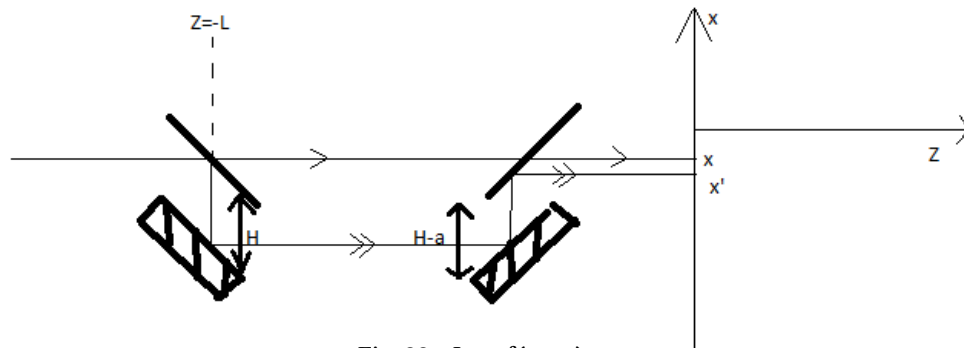


Fig. 88 – Interféromètre

Faisceau incident monochromatique

Donnée :  $\lambda = 600 \text{ nm}$

Amplitude complexe du faisceau qui va tout droit :  $S(x) = S_0 e^{j\phi(x)}$ , avec  $S_0$  l'amplitude complexe en  $z = -L$ .

1. Exprimer  $x$  en fonction de  $x'$  et de  $a$ . Que vaut le chemin optique? Que vaut l'amplitude complexe du faisceau en  $x'$ ?
2. Que vaut la différence de marche? L'éclairement?
3. Comment mesurer la longueur d'onde? (il y avait d'autres questions que je n'ai pas traitées et dont je ne me souviens plus)

**409 – Fluide en écoulement (Rivière Emmanuel-2016)**

Une turbine est alimentée par une retenue d'eau selon le schéma 89. L'eau sera considérée comme un fluide parfait incompressible et on supposera que le niveau de l'eau dans la retenue est constant.

Donnée :

Pression aux points A, B, C et D :  $p_A = p_D = 1,01 \text{ bar}$ ,  $p_C = 1,1 \text{ bar}$

Cote des points A, B et C :  $z_A = 363 \text{ m}$ ,  $z_B = 361 \text{ m}$ ,  $z_C = 253 \text{ m}$

Viscosité dynamique de l'eau :  $\eta = 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$ .

Diamètre du tuyau : 20 cm

Achtung!!! On ne nous dit pas que le fluide est en RP

1. Que veut dire fluide parfait? Fluide incompressible?
2. Calculer, dans ces hypothèses, la vitesse d'écoulement  $v_C$  du fluide au point C (c'est-à-dire à l'entrée de la turbine).

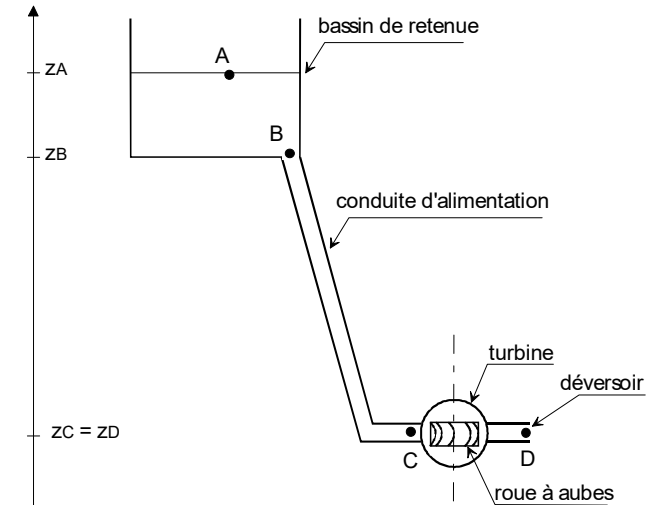


Fig. 89 – Schéma de l'installation d'alimentation de la turbine

3. Déduire le débit volumique en C.
4. Quelle puissance récupère-t-on avec la turbine?
5. Calculer le nombre de Reynolds de l'écoulement de l'eau. En déduire la nature du régime de cet écoulement.

**410 – Réflexion d'une OPPH (Rivière Emmanuel-2016)**

Un métal parfait occupe l'espace  $x \geq 0$ . On considère une onde incidente  $\vec{E}_i = E_0 \cdot \cos(\omega t - kx) \cdot \vec{e}_y$  et on nous rappelle la relation de passage...

1. Quelles sont les caractéristiques de  $\vec{E}_i$ ?
2. Calculer  $\vec{E}_{\text{tot}}$ ,  $\vec{B}_{\text{tot}}$ , puis  $\vec{R}$  le vecteur de Poynting.
3. Donnez la densité d'énergie volumique moyenne  $u$ . En déduire le nombre de photons par unité de volume et comparez au nombre de photons générés par le champ  $\vec{E}_i$  (donc qui atteignent la surface en 0).
4. On associe à un photon, une quantité de mouvement  $p = \mathcal{E}/c$ . Calculer la variation de la quantité mouvement élémentaire  $dp$  transférée à la surface  $S$  pendant  $dt$ , due aux chocs des photons. En déduire l'expression de la pression de radiation notée  $P_{\text{rad}}$
5. On ajoute un métal parfait en  $x = -L$ . Pour quel  $L$  a-t-on une onde résonante?

**411 – Satellite d'une comète (Rodrigues-2016)**

On considère une comète de masse  $m_c$ , et de rayon  $R$ . On donne la constante de gravitation universelle  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$ .

- Démonstration du théorème de Gauss gravitationnel par analogie avec l'électrostatique.
- Donner le champ gravitationnel en  $r$  quelconque.
- On place un satellite en orbite circulaire  $2R$ , quelle est sa vitesse  $V_0$ ?
- La vitesse est insuffisante, on ajoute  $dV = 0,1v_0$ . Trouver le demi-grand axe  $a$ .
- Trouver la distance de l'apogée et du périégée.
- Simplifier et calculer Poynting moyen :  $\vec{E} = E_{0x} \cos(\omega(t - z/c)) \cdot \vec{e}_x + E_{0z} \sin(\omega(t - z/c)) \cdot \vec{e}_z$

Question bonus :  $\text{div} \vec{E}$  en cartésiens et vitesse d'un satellite de la Terre

#### 412 – Conduction thermique d'un mur (Rodrigues-2016)

On considère un mur (épaisseur  $e$ , conduction thermique  $\lambda$ ), isolant ( $e'$ ,  $\lambda'$ ) et surface  $S$

- Unité de  $\lambda$ . Donner  $R_{\text{éq}}$  et le démontrer. Donner les hypothèses de calcul de résistance thermique.
- Donner le graphe de la température dans la pièce, sachant que la pièce a une capacité thermique  $C$  et que la chaudière fournit  $P$  si  $T < 19^\circ\text{C}$  et 0 sinon.

Question bonus : Unité de  $R$  et faire un schéma équivalent électrique.

#### 413 – Détermination de l'angle d'un coin d'air (Seval-2016)

- Faire un schéma pour expliquer le principe d'un interféromètre de Michelson.
- Faire un schéma du Michelson en coin d'air.
  - Quel type de frange observe-t-on et pourquoi?
  - Déterminer la distance focale  $f'$  de la lentille de projection qu'il faut utiliser pour observer les franges sur un écran. La distance écran-miroir vaut 1,25 m et le diamètre du miroir 20 mm. Pour cela, on pourra utiliser la figure 90.

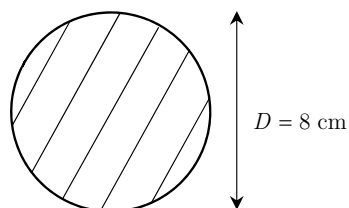


Fig. 90 – Observation du coin d'air sur l'écran

- déterminer l'angle du coin d'air  $\alpha$  sachant que le Michelson est éclairé par un laser  $\lambda_0 = 632 \text{ nm}$ .

#### 414 – Détermination expérimentale d'enthalpie de réaction (Seval-2016)

On considère la réaction  $\text{Cu}^{2+} + \text{Zn(s)} = \text{Cu(s)} + \text{Zn}^{2+}$ .

Données thermodynamiques :

	$\text{Cu}^{2+}$	$\text{Zn}^{2+}$	$\text{Cu(s)}$	$\text{Zn(s)}$	$\text{H}_2\text{O}$
$C_p^\circ (\text{J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{g}^{-1})$			3,81	3,85	4,18
$M (\text{g}\cdot\text{mol}^{-1})$	63	65	63	65	18
$\Delta_f H^\circ (\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1})$	65,8	-152,8			

$E^\circ_{\text{Cu}/\text{Cu}^{2+}} = 0,34 \text{ V}$  et  $E^\circ_{\text{Zn}/\text{Zn}^{2+}} = -0,76 \text{ V}$

- Montrer que la réaction est totale.
- On réalise une première expérience. On verse dans un calorimètre contenant 100 mL d'eau à  $27^\circ\text{C}$ , 150 mL d'eau à  $80^\circ\text{C}$ . La température s'homogénéise à  $50^\circ\text{C}$ . Trouver la capacité thermique du calorimètre.
- Dans une seconde expérience, on verse dans le calorimètre  $V = 150 \text{ mL}$  d'une solution de sulfate de cuivre  $0,2 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  dans lequel se trouve un agitateur magnétique. La température s'homogénéise à  $21,0^\circ\text{C}$ . On ajoute une masse  $m = 5 \text{ g}$  de poudre de zinc. La température maximale après mélange est de  $29,9^\circ\text{C}$ . En déduire l'enthalpie standard de réaction, à comparer à celle donnée par les tables.

#### 415 – Cylindre conducteur (Storiolo-2016)

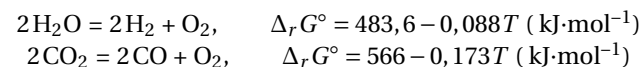
Soit un cylindre d'axe  $Oz$  de rayon  $a$  soumis à un champ électrostatique  $\vec{E} = E_0 \cdot \vec{u}_z$  constant.

- Donner la grandeur qui caractérise la capacité du matériau à laisser passer un courant, préciser son unité.
- Donner l'expression du courant traversant ce cylindre.
- Supposons le cylindre infini, donner l'expression du champ magnétique.
- Supposons le cylindre de longueur  $\ell$ , exprimer la puissance dissipée par effet joule.
- Exprimer la puissance rayonnée, puis faire un bilan de puissance.

#### 416 – Création de dihydrogène (Storiolo-2016)

On s'intéresse à la création de dihydrogène à partir de monoxyde de carbone et de vapeur d'eau.

Données :



- Écrire la réaction de production du dihydrogène. Calculer la variance. Donner une interprétation.

- Déterminer l'enthalpie libre standard de la réaction.
- À une pression fixée de 1 bar, comment choisir les paramètres de réaction afin d'optimiser la création de dihydrogène?
- Si la pression peut varier, quelle est son influence?

#### 417 – Diagramme de Pourbaix du Manganèse (10-210-Tizaf-2016)

On considère les espèces  $Mn^{2+}$ ,  $Mn^{3+}$ ,  $Mn(OH)_3(s)$ ,  $Mn(OH)_2(s)$ . La concentration des espèces dissoutes est  $c_0 = 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ .

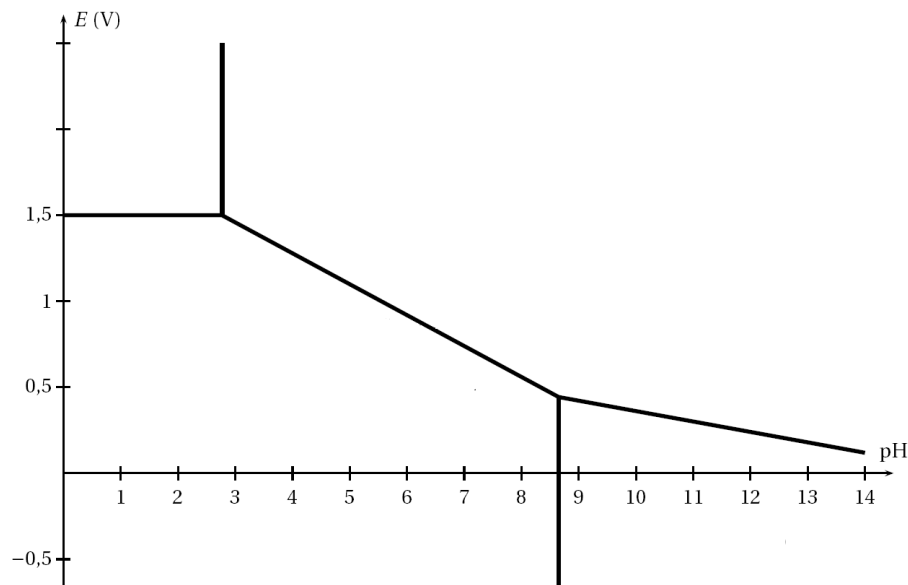


Diagramme E-pH du manganèse ( $c_{\text{tracé}} = 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ )

- Placer les différents éléments dans le diagramme E-pH. Justifier.
- Retrouver le produit de solubilité de  $Mn(OH)_2$ .
- Donner le potentiel standard du couple  $Mn^{3+}/Mn^{2+}$  à pH = 0.
- Tracer la courbe du couple  $O_2/H_2O$  ( $E^\circ = 1,23 \text{ V}$ ).
- $Mn(OH)_2$  peut-il être oxydé par  $O_2$  dissout?

#### 418 – Perturbations électromagnétiques (Tizaf-2016)

Soit un fil parcouru par un courant de valeur efficace 480kA (pas sûr de la valeur). Donner un ordre de grandeur de la tension parasite sur un récepteur radio placé à 10 m du fil.

#### 419 – Pression d'explosion (ajout Fayolle)

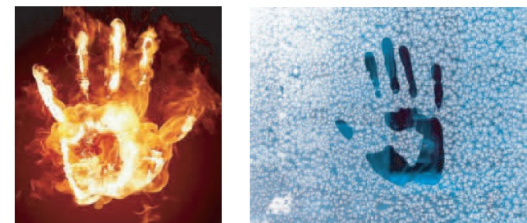
On remplit à 298 K un récipient indéformable calorifugé de volume  $V = 5 \text{ L}$  avec un mélange constitué à 20 % en volume de  $H_2(g)$  et 80 % de  $Br_2(g)$  sous une pression de 1 bar. La réaction qui a lieu  $H_2(g) + Br_2(g) = 2 HBr(g)$  est supposée totale.

On donne son enthalpie standard à 298 K :  $\Delta_r H^\circ(298K) = -72,45 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

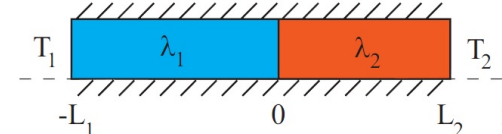
- On prend pour tous les gaz intervenant  $C_{Vm}^\circ \approx C_{Vm} \approx \frac{5}{2}R$ . Justifier cette valeur.
- Calculer la température et la pression de l'explosion (à l'équilibre).

#### 420 – Sensation de chaud ou de froid (125)

L'exercice présenté ici propose une modélisation très simplifiée permettant de comprendre la sensation de chaud ou de froid d'objets pourtant à la même température.



Deux cylindres, isolés thermiquement sur leurs surfaces latérales, de même section  $S$ , de même axe ( $Ox$ ), de conductivités thermiques  $\lambda_1$  et  $\lambda_2$ , de longueurs  $L_1$  et  $L_2$ , sont en contact en  $x = -L_1$  et  $x = L_2$  aux températures respectives  $T_1$  et  $T_2$ . On se place en régime stationnaire (nous avons rapidement la sensation du contact, on peut alors dire que l'on est en régime stationnaire).



- Déterminer la température  $T_i$  à l'interface en  $x = 0$ .
- On donne :  $T_1 = 37^\circ\text{C}$  (main),  $T_2 = 20^\circ\text{C}$  (bois ou acier),  $L_1 = L_2$ ,  $\lambda_1 = 10 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$  (main),  $\lambda_2 = 1 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$  (bois) et  $\lambda_2' = 100 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$  (acier). Faire l'application numérique de  $T_i$  pour un contact main-bois, et pour un contact main-acier. Conclusion.

#### 421 – Diamètre d'un fusible (126)

On considère un fusible cylindrique en plomb de rayon  $a$ , de longueur  $L = 3 \text{ cm}$  (avec  $L \gg a$ ), de conductivité électrique  $\sigma$  et de conductivité thermique  $\lambda$ . Le fil est contenu dans une capsule contenant de l'air à la température  $T_0 = 293 \text{ K}$ . Le fusible est parcouru par un courant d'intensité  $I$ .



On envisage une étude en régime stationnaire, en géométrie cylindrique. On cherche à calculer le rayon que doit avoir ce fusible sachant qu'il fond pour un courant  $I = 10$  A.

Données : température de fusion du plomb :  $T_F = 600$  K,  $\sigma = 5,0 \cdot 10^6$  S·m<sup>-1</sup>,  $\lambda = 35$  W·m<sup>-1</sup>·K<sup>-1</sup>.

1. Établir l'équation locale de conservation de l'énergie en fonction du vecteur densité de courant thermique  $\vec{j}_q$ ,  $\sigma$ ,  $a$  et  $I$ .
2. Déterminer l'équation que vérifie la température  $T(r)$  dans le fil conducteur.
3. On se place exactement dans la configuration où le fusible commence à fondre en son cœur. Le flux thermique surfacique conducto-convectif à une paroi à la température  $T$  et en contact avec de l'air à la température  $T_0$  est donné par l'expression :  $\phi = h(T - T_0)$ . Donner les conditions aux limites en  $r = 0$  et en  $r = a$ .
4. Déterminer le rayon du fusible admettant un courant maximal  $I = 10$  A.

#### **422 – Voilier solaire (PT16-Fayolle1)**

On considère un voilier solaire sur lequel arrive une onde électromagnétique monochromatique en incidence normale sur la voile.

1. Déterminer le champ électromagnétique incident.

Le texte rappelle les relations de passage

2. Déterminer le champ électromagnétique réfléchi.
3. Déterminer la densité de courant surfacique.
4. Le champ électromagnétique exerce sur un élément de surface  $dS$  une force  $d\vec{F} = \frac{1}{2}(\sigma \vec{E} + \vec{j}_s \wedge \vec{B})dS$ . Déterminer la valeur moyenne de la force créée par le « vent solaire », c'est-à-dire de la force exercée par l'onde sur la voile. Application numérique pour une voile de surface  $S = 100$  m<sup>2</sup> et une amplitude pour le champ électrique incident égale à  $E_0 = 1$  kV·m<sup>-1</sup>.

#### **423 – Détermination de longueur d'onde (PT16-Fayolle2)**

On considère des trous d'Young espacés de  $e = 0,1$  mm. On éclaire avec une onde plane et on observe les interférences dans le plan focal image d'une lentille convergente de distance focale  $f = 10$  cm.

1. On mesure l'interfrange :  $i = 0,6$  mm. Déterminer la longueur d'onde (une démonstration est attendue).
2. L'expérimentateur gêné par le contraste fait une erreur de 10 % sur la valeur de l'interfrange, déterminer l'incertitude sur la longueur d'onde.

On considère à présent un réseau plan par transmission ayant  $n = 330$  traits/mm, éclairé en incidence normale. On observe la frange d'ordre zéro en  $\theta = 0,00^\circ$ , et la frange suivante en  $\theta = 10,63^\circ$ .

3. Déterminer la longueur d'onde (une démonstration est attendue).

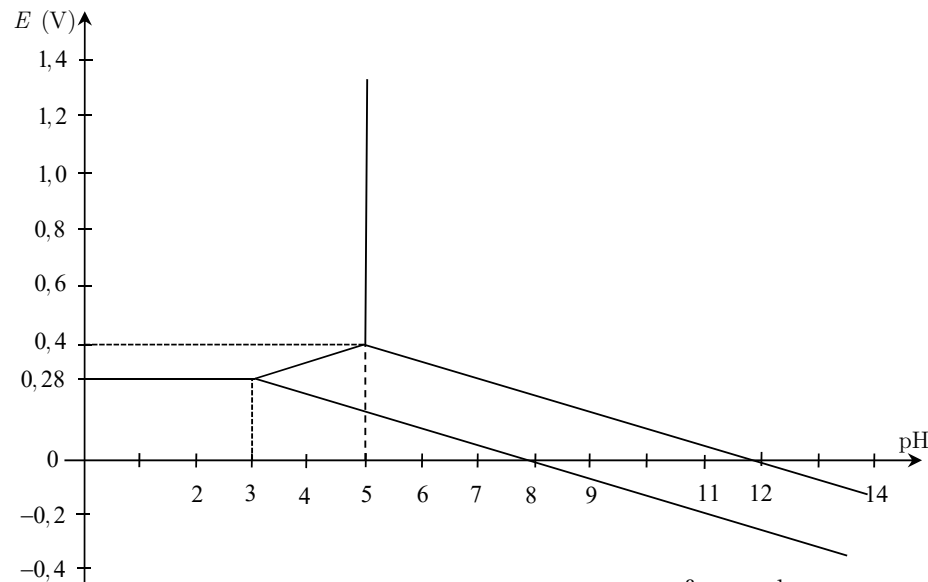
#### **424 – Ailette de refroidissement (PT16-Fayolle3)**

On considère une ailette de refroidissement, c'est-à-dire une tige métallique cylindrique de longueur  $L$ , de rayon  $R$ , fixée d'un côté sur un bac d'eau à ébullition ( $T(x = 0) = 100$  °C), le reste de la tige baignant dans l'air à température ambiante ( $T_a = 20$  °C). On considère les transferts conducto-convectifs de surface tels que  $dP = h(T - T_a)dS$ . On se place en régime stationnaire.

1. Établir l'équation de la chaleur, et donner la forme générale de la solution.
2. Donner les conditions aux limites qui permettent de déterminer la répartition de température dans la tige.
3. On suppose à présent que la tige est infinie. Déterminer  $T(x)$ .
4. On met de la paraffine qui fond à 60 °C sur une tige de cuivre et sur une tige en acier. La limite de fonte de la paraffine correspond aux abscisses suivantes :  $x_{\text{cuivre}} = 13,6$  cm et  $x_{\text{acier}} = 6$  cm. Dire dans quelle partie de la tige la paraffine fond et expliquer qualitativement pourquoi les abscisses sont différentes.
5. On place un ventilateur en direction des tiges. Que se passe-t-il?

#### **425 – Diagramme de Pourbaix du cuivre (PT16-Fayolle4)**

On donne l'allure du diagramme potentiel-pH du cuivre figure 91 faisant intervenir Cu(s), Cu<sup>2+</sup>(aq), Cu<sub>2</sub>O(s) et Cu(OH)<sub>2</sub>(s).

Fig. 91 – Diagramme E-pH ducuiivree ( $c_{\text{tracé}} = 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ )

1. Placer, en le justifiant, les différentes espèces dans les différents domaines.
2. Déterminer le potentiel standard du couple  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) / \text{Cu}(\text{s})$ .
3. Déterminer les pentes des différentes frontières.
4. Déterminer la constante de solubilité de  $\text{Cu}(\text{OH})_2(\text{s})$ .

#### 426 – Étude d'un piège pour molécules dipolaires (X05-PT16-Fayolle5)

On considère 6 fils (de longueurs supposées « infinies ») disposés aux 6 sommets d'un hexagone régulier fictif. Les fils sont dirigés selon  $\vec{e}_z$ . De plus, ils portent des charges linéiques pour les électrodes impaires  $\lambda$  et  $-\lambda$  pour les paires.

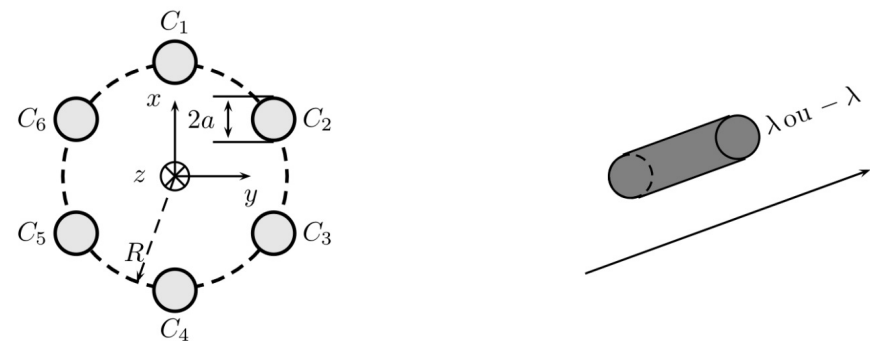
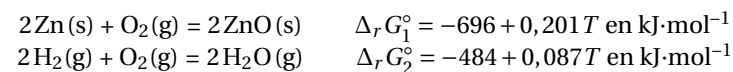


Fig. 92 – Structure hexapolaire du piège

1. Montrer que le champ électrique créé par cette distribution n'a pas de composante selon  $\vec{e}_z$ .
2. Soit un plan passant par deux fils opposés (par exemple les fils  $C_6$  et  $C_3$ ). Que dire du champ électrique dans ce plan ?
3. Montrer que le plan  $(Oyz)$  est un plan équipotentiel.
4. Déterminer le champ électrique créé par un seul fil.
5. Déterminer le potentiel  $V$  créé par tout le système sur l'axe.

#### 427 – Oxydation par voie sèche (P16-Fayolle6)

On donne :



1. On suppose les enthalpies et entropies standard de réaction indépendantes de la température. Déterminer et commenter le signe des enthalpies et entropies standard de réaction.
2. Écrire l'équation-bilan de la réduction de l'oxyde de zinc par du dihydrogène.
3. À quelle température faut-il se placer pour favoriser la réduction ?
4. Aurait-on pu prévoir qualitativement ce résultat ?
5. On se place à une température  $T$  telle que  $K^\circ(T) = 10$ , et à la pression standard  $P^\circ$ . Initialement, on a 2,0 mol de  $\text{H}_2(\text{g})$ , et  $\text{ZnO}(\text{s})$  est en excès. Déterminer l'état final.

#### 428 – Refroidissement d'un cylindre d'étain (PT16-Fayolle7)

On considère un cylindre de porcelaine de rayon  $R = 2,5 \text{ cm}$ , de hauteur  $H = 0,5 \text{ m}$ , et d'épaisseur  $e = 1 \text{ mm}$ . On le remplit d'étain chauffé à  $256^\circ\text{C}$ , et on le laisse refroidir en relevant sa température en fonction du temps.

Données :

- Capacité thermique massique de l'étain :  $c_1 = 2,3 \cdot 10^2 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
- Conductivité thermique de l'étain :  $\lambda_1 = 67 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
- Masse volumique de l'étain :  $\rho_1 = 7,3 \cdot 10^3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$
- Diffusivité thermique de l'étain :  $D_{th1} = 40 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2\cdot\text{s}^{-1}$
- Capacité thermique massique de la porcelaine :  $c_2 = 1,1 \cdot 10^3 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
- Conductivité thermique de la porcelaine :  $\lambda_2 = 1,0 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
- Masse volumique de la porcelaine :  $\rho_2 = 2,5 \cdot 10^3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$

1. Commenter le graphique 93.

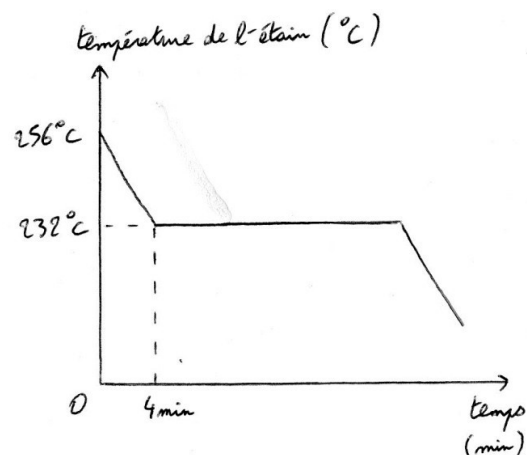


Fig. 93 – Refroidissement du cylindre d'étain

2. On s'intéresse à l'évolution de la température de l'étain pour la partie gauche du graphique. On considère que la température de l'étain est homogène. Un premier modèle donne l'évolution de la température de l'étain en fonction du temps :  $T(t) = -6t + 256$  (avec  $t$  en min et  $T$  en °C).

- a. Retrouver l'expression du temps caractéristique du phénomène de diffusion thermique en fonction d'une longueur caractéristique. Effectuer l'application numérique pour l'étain.
- b. On donne la loi de Newton modélisant les échanges thermiques de l'étain avec l'air extérieur :  $j_{cc} = h(T(t) - T_{ext})$ , où  $h = 10 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$  est le coefficient de transfert conducto-convectif. Retrouver l'expression de  $T(t)$  donnée par le premier modèle.
- c. Critiquer le modèle adopté.

**429 – Mesure de débit (PT16-Fayolle8)**

On considère l'écoulement stationnaire d'un fluide parfait et incompressible (de masse volumique  $\rho$ ) dans une canalisation représentée figure 94.

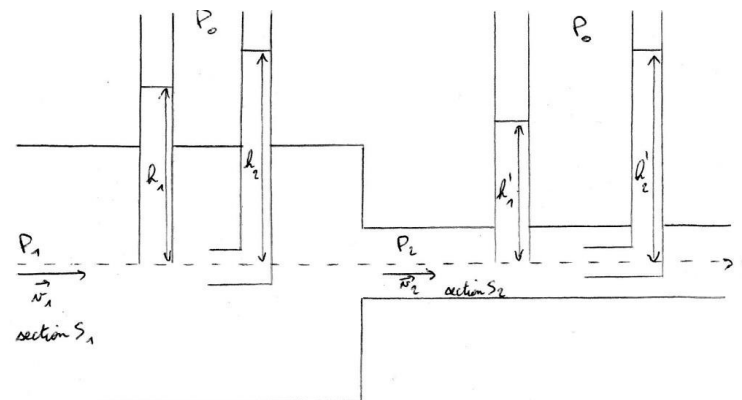
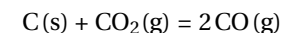


Fig. 94 – Dispositif pour la mesure du débit

1. Déterminer  $h_1$  et  $h_2$  en fonction des données. En déduire  $(h_2 - h_1)$ . Quel est l'intérêt de ce montage ?
2. Déterminer  $h'_1$  et  $h'_2$ . En déduire  $(h'_2 - h'_1)$ . Comparer aux résultats de la question 1.
3. Après, il y avait des questions sur la perte de charge. Il fallait faire des calculs mais je ne m'en souviens plus. Il fallait également expliquer la différence entre les deux types de pertes de charge.

**430 – Formation de monoxyde de carbone (PT16-Fayolle9)**

On s'intéresse à l'équilibre :



Données :

Enthalpies standard de formation :  $\Delta_f H^\circ(\text{CO}(g)) = -111 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$  ;  $\Delta_f H^\circ(\text{CO}_2(g)) = -394 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ .

1. Calculer le nombre d'oxydation du carbone dans chaque constituant. Quel est la nature de la réaction.
2. Calculer l'enthalpie standard de réaction. Commenter le signe.
3. Calculer la variance. Interpréter le résultat.
4. Expliquer l'influence sur l'équilibre de :
  - une augmentation de pression à température constante.
  - une augmentation de température à pression constante.

- On se place à une température  $T$  telle que  $K^\circ(T) = 1,3$ . De plus, la pression partielle en monoxyde de carbone vaut  $P_{CO} = 0,3$  bar à l'équilibre. Déterminer la pression partielle en dioxyde de carbone ainsi que la pression totale.
- On effectue ensuite une compression isotherme jusqu'à la pression totale  $P = 1,0$  bar. Donner les pressions partielles.

### 431 – Portrait de phase d'un RLC (PT16-Fayolle10)

On étudie un circuit RLC série, alimenté par un GBF délivrant un signal créneau. On donne figure 95 le portrait de phase de la tension  $u_c$  aux bornes du condensateur.

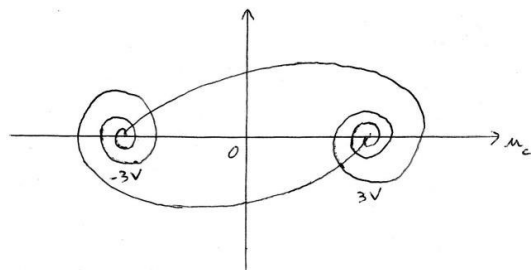


Fig. 95 – portrait de phase du circuit RLC

- Proposer un schéma pour le circuit, ainsi que les branchements permettant d'observer la tension  $u_c$  et la tension délivrée par le GBF sur un même oscilloscope.
- Quelle est la grandeur en ordonnée sur le portrait de phase? Quelle remarque pouvez-vous faire sur celui-ci?
- Tracer l'allure de  $u_c(t)$  sur un graphe.
- Est-ce que le portrait de phase est correct? Justifier par des calculs simples.

### 432 – Température de surface d'un lac gelé (PT16-Fayolle11)

On considère un lac d'eau liquide, de surface  $S$ , à la température  $T_{\text{lac}} = 4^\circ\text{C}$  supposée uniforme. L'air extérieur se trouve à la température  $T_{\text{air}} = -20^\circ\text{C}$ . A la surface du lac, il y a une couche de glace d'épaisseur  $e$  supposée constante. Sur la surface entre la glace et l'eau liquide, la glace est à la température  $T_f = 0^\circ\text{C}$ . Sur la surface entre la glace et l'air, la glace est à la température  $T_{\text{surface}}$ .

On suppose que le régime est stationnaire.

On suppose que le transfert thermique de la glace vers l'air met en jeu un transfert conducto-convectif de surface suivant la loi de Newton (on note  $h$  le coefficient). Il est à noter que la loi de Newton n'était pas rappelée, alors que ça doit être le cas dans le cadre du programme. Déterminer l'expression de  $T_{\text{surface}}$ . Faire l'application numérique avec  $h = 10 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$  et  $e = 10 \text{ cm}$ .

Données pour la glace :

- sa masse volumique :  $\rho = 0,91 \text{ kg}\cdot\text{L}^{-1}$
- sa capacité calorifique massique :  $c = 2,1 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
- sa conductivité thermique  $\lambda = 2,1 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
- il y avait aussi d'autres données inutile...

### 433 – État lié (PT16-Fayolle12)

Une particule de charge  $+q$  se situe dans l'espace au point  $M$ . Elle subit une force  $\vec{F} = -k\omega^2 \vec{OM}$ .

- Déterminer l'énergie potentielle de la particule en supposant celle-ci nulle en  $O$  et en choisissant un repère adapté.

- Par un raisonnement énergétique, montrer que la particule est dans un état lié.

On suppose maintenant qu'il y a plusieurs particules, toutes chargées  $+q$ . Elles se répartissent de telle sorte que la densité volumique de charge  $\rho$  ne dépend que de  $r$  :  $\rho(r)$ . On définit également la densité particulaire  $n(r)$  (c'est le nombre de particules chargées par unité de volume).

- Quelles doivent être les symétries du système pour que  $\rho$  ne dépende que de  $r$ .
- Déterminer l'expression du champ électrique en tout point de l'espace, connaissant  $n(r)$ .
- Je ne me souviens plus de cette question car je ne l'ai pas traitée.

### 434 – Refroidissement d'une barre de cuivre (PT16-Fayolle13)

Une barre de cuivre, de section  $S$ , est chauffée à l'une de ses extrémités à la température  $\theta = 100^\circ\text{C}$ . A l'autre extrémité, de l'eau, de capacité calorifique massique  $c_{\text{eau}} = 4,18 \cdot 10^3 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}$ , circule avec un débit  $D_m = 2480 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$ , entrant à la température  $\theta_e = 17^\circ\text{C}$  et sortant à la température  $\theta_s = 17,5^\circ\text{C}$ . La barre est entourée d'un isolant.

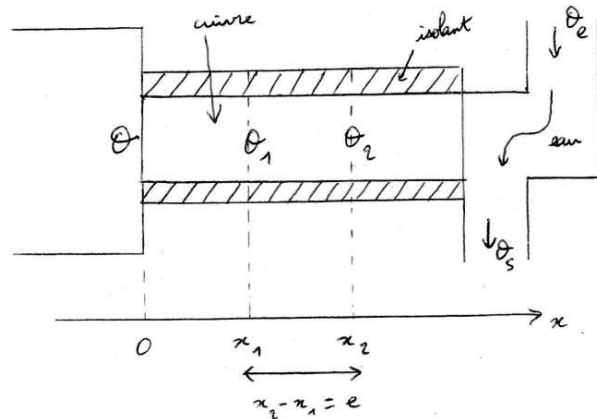


Fig. 96 – Système de refroidissement d'une barre de cuivre

1. A quoi sert l'isolant? Quel matériau utiliser?
2. Définir la conductivité thermique  $\lambda$ .
3. Comment la mesure de  $\theta_1 - \theta_2$  peut nous renseigner sur la conductivité thermique de la barre de cuivre.

NB : L'examineur m'a également demandé lors de l'oral de donner des ordres de grandeur pour la conductivité thermique. De plus, pour définir la conductivité thermique, j'ai dû définir la densité de flux thermique  $\vec{j}_Q$ , énoncer la loi de Fourier, dire en français ce que toutes ces formules signifient, et donner toutes les unités. Il fallait d'autre part faire l'hypothèse que le régime était permanent (ce n'était pas précisé dans l'énoncé). J'ai également dû démontrer l'équation de la chaleur. Par contre, je n'ai eu qu'à énoncer (et pas à démontrer) le premier principe pour les systèmes ouverts.