

## Mesures spectrophotométriques de LEDs proche infrarouges

### Versions du document:

**02/10/2023: V 1.0 (première édition)**

**20/10/2023: V 2.0 (Update : mise à jour des résultats du LEM0004 avec excursion complète en température)**

**27/10/2023: V 3.0 (Update : mise à jour des résultats du LEM0001 avec excursion complète en température)**

### 1. Contexte

Ce document présente les résultats de mesures spectrophotométriques de LEDs proche-infrarouges intégrées sur LEM.

Deux LEM sont à mesurer ; leurs références sont LEM0001 et LEM0004. Chaque LEM possède 8 LEDs : D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7 et D8. D7 et D8 sont des LEDs de secours.

Chaque LED est mesurée pour des courants d'alimentation de 1mA, 10mA et 50mA et des températures entre 25°C et 55°C par pas de 5°C. Les mesures entre 45°C et 55°C, initialement impossibles, ont pu être faites par insertion d'un « isolant » thermique entre le LEM et son support métallique afin de limiter les pertes par conduction thermique.

A noter que les LEDs de secours D7 et D8 sont mesurées uniquement à 10mA.

La mesure du flux total par sphère intégrante est pour l'instant problématique à cause de la très faible sensibilité du détecteur dans le domaine spectral considéré (pas de flux détecté). Une autre méthode peut être envisagée et discutée.

### 2. Documents applicables et de référence

Les documents applicables sont indiqués ci-dessous :

- ✓ AD1 : PTF-ABSOLUT\_SENSING\_Avril2023.pdf
- ✓ AD2 : GES.TES.0003.02.00 - Procédure de tests et de caractérisation de la carte LEM au LAM.pdf
- ✓ AD3 : LEM\_V3\_Mise\_en\_plan.jpg

Les documents de références sont les notices suivantes :

- ✓ Les notices des 3 type de LED :
  - SMT1050GD.pdf
  - SMT1450D.pdf
  - SMT1650D.pdf
- ✓ La notice du spectromètre à transformée de Fourier : OSA202C-Manual(English).pdg

## Mesures spectrophotométriques de LEDs proche infrarouges

### 3. Description des échantillons

Les échantillons sont décrits sur la figure 1.

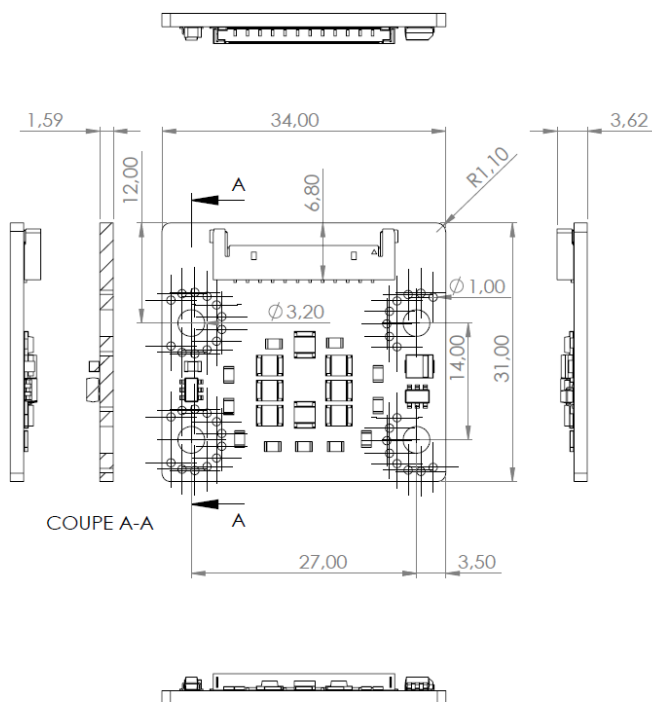
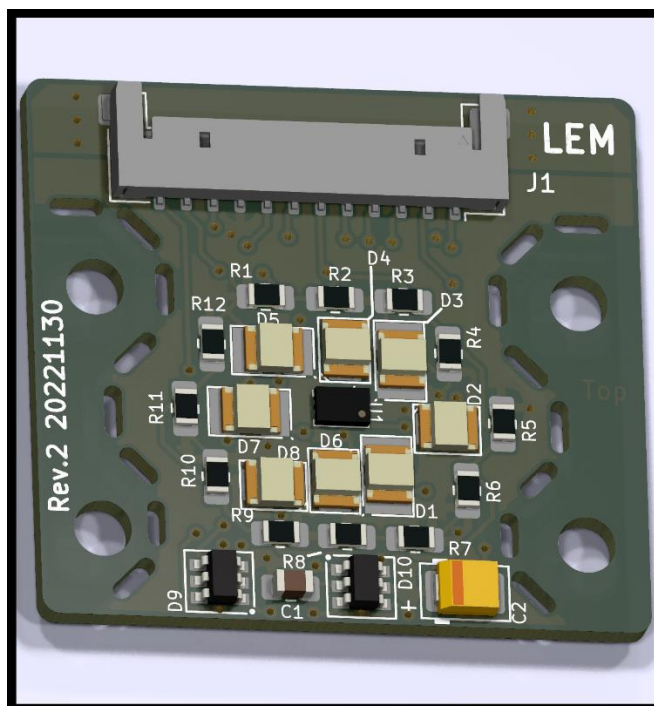


Figure 1: Le design des LEM. En haut : une vue des LEMS donnant la distribution spatiale des LEDs. En bas : le plan des LEM.

## Mesures spectrophotométriques de LEDs proche infrarouges

### 4. Caractéristiques des LEDs

Le Tableau 1 récapitule quelques caractéristiques des LEDs à 25°C.

	<b>LED à 1050nm</b>	<b>LED à 1450nm</b>	<b>LED à 1650nm</b>
<b>Flux total émis</b>	26mW à 50mA 360mW à 1A	4.4mW à 50mA 23mW à 1A	1.7mW à 50mA 8.0mW à 1A
<b>Intensité radiométrique</b>	8.6mW/sr à 50mA 120mW/sr à 1A	1.4mW/sr à 50mA 7.6mW/sr à 1A	0.5mW/sr à 50mA 2.3mW/sr à 1A
<b>FWHM</b>	50nm	110nm	130nm
<b>Spectre</b>	1000-1100nm	1420-1480nm	1600-1700nm
<b>Demi-angle d'émission</b>	62°	60°	60°

**Tableau 1: Caractéristiques à 25°C des LEDs.**

### 5. Mesures spectrale

#### 5.1 Le setup

La mise en place générale se fait en suivant les procédures indiquées dans AD2.

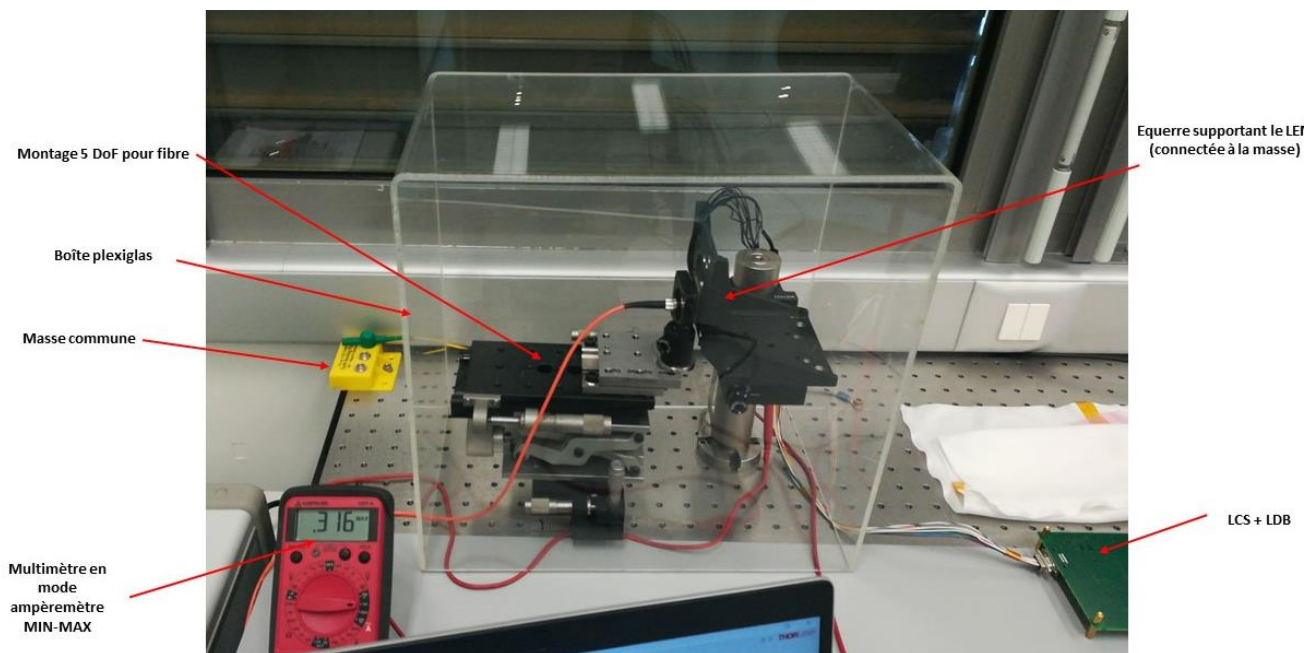
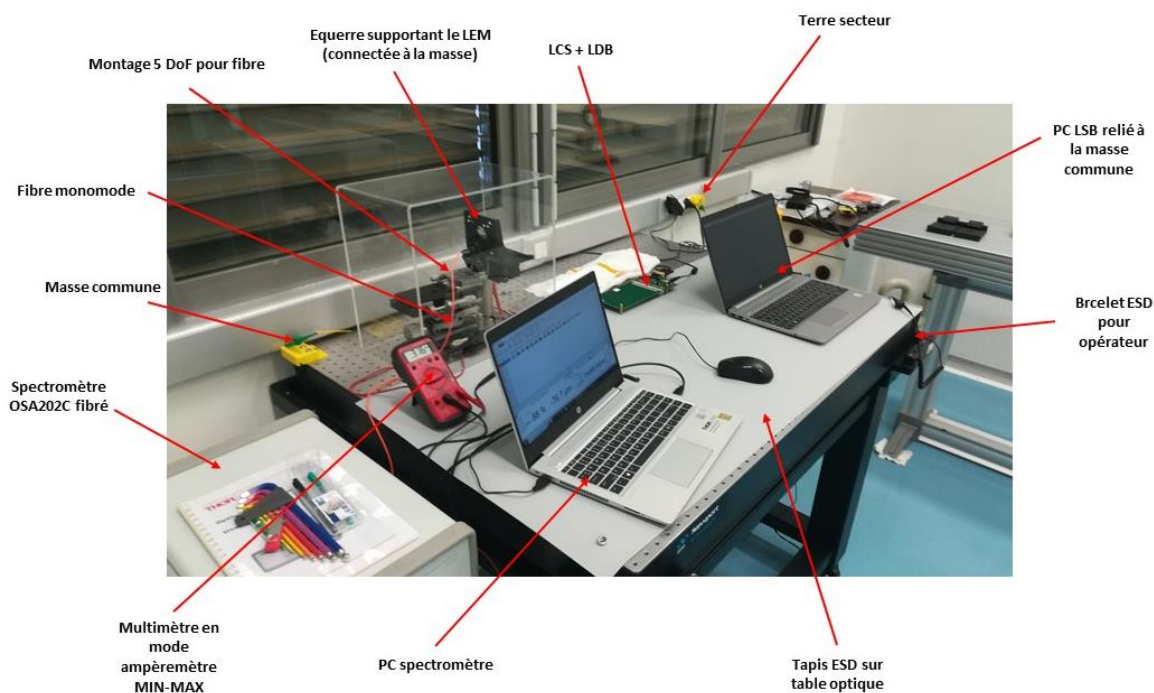
Nous utilisons une table optique placée en salle propre ISO8. Les éléments sont placés sur un tapis ESD. La table optique et l'ensemble des éléments sensibles sont reliés à une masse commune (reliée à la terre du secteur).

Les résistances résiduelles sont mesurées à 0.3 ohms (spécification : <0.5 ohms).

Les photos de la Figure 2 donnent une vue du setup. Le LEM est placé dans une boîte plexiglas pour éviter les flux d'air parasites.

Le montage 5 axes permet d'aligner la fibre monomode réceptrice du spectromètre devant chaque LED successivement. La distance entre la fibre et le LEM est de quelques mm.

## Mesures spectrophotométriques de LEDs proche infrarouges



## Mesures spectrophotométriques de LEDs proche infrarouges

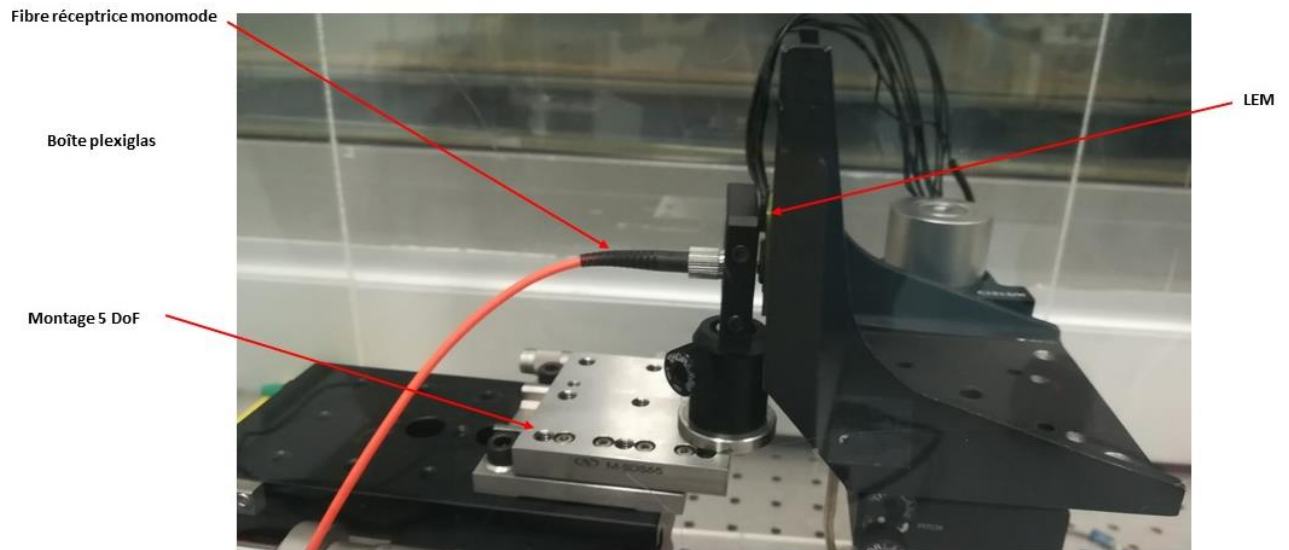


Figure 2: Setup

### 5.2 Le spectromètre OSA202C

Le spectromètre est un spectromètre à transformée de Fourier fibré OSA202C de Thorlabs. La fibre utilisée est une fibre monomode de 100 $\mu$ m de diamètre de cœur et d'ouverture numérique 0.22. Une vue du spectromètre sur la Figure 3.



Figure 3: Vue du spectromètre OSA202C



## Mesures spectrophotométriques de LEDs proche infrarouges

### 6. Mesure des LEDs du LEM0001

Le courant mesuré par l'ampèremètre est stable à mieux que  $10^{-3}$  mA près. Il varie en fonction de la commande en température du PID et les valeurs relevées sont identiques à  $10^{-3}$  près pour toutes les LEDs :

- 25°C : 0.299mA
- 30°C : 0.304mA
- 35°C : 0.309mA
- 40°C : 0.314mA
- 45° : 0.319mA
- 50°C : 0.324mA
- 55°C : 0.329mA

La température ambiante de la salle propre est régulée est vaut  $20.5^{\circ}\pm 0.2^{\circ}\text{C}$  dans l'environnement du LEM.

Pour chaque mesure de spectre, un dark est également mesuré et soustrait.

Les fichiers de log sont sauvegardés systématiquement.

Les mesures sont réalisées pour chaque courant (1mA, 10mA et 50mA) entre 25°C et 55°C par pas de 5°C.

Chaque spectre représenté est une moyenne de 10 spectres acquis.

Le bruit de mesure est plus important aux courtes longueurs d'onde du spectre (vers 500nm). Ce bruit est intrinsèque au spectromètre.

Une remontée est également présente vers les grandes longueurs d'onde (1750nm) et elle est due à la réponse du spectromètre dans cette région.

Une mesure avec une source large spectre connue est en cours de mise en place pour confirmation.

De manière générale, nous observons les comportements attendus suivants :

- ✓ Le flux émis croît avec le courant d'alimentation ;
- ✓ Le flux émis décroît quand la température augmente ;
- ✓ Le pic se déplace vers les grandes longueurs d'onde ;
- ✓ La FWHM semble diminuer ;
- ✓ Les fichiers de mesure sont transmis pour une analyse quantitative par le client.

Le Tableau 2 indique quelques estimations issues des courbes de la Figure 4 à la Figure 11.

LEM0001 LED D1 à 1mA			
Température (°C)	Maximum du pic (nW)	Position du pic (nm)	FWHM (nm)
25°C	0.357	1436.83	78.9
30°C	0.335	1440.16	79.9
35°C	0.316	1443.83	80.2

**Mesures spectrophotométriques de LEDs proche infrarouges**

40°C	0.296	1446.73	80.6
45°C	0.278	1449.87	81.1
50°C	0.257	1452.53	82.3
55°C	0.237	1455.99	83.0
<b>LEM0001 LED D1 à 10mA</b>			
<b>Température (°C)</b>	<b>Maximum du pic (nW)</b>	<b>Position du pic (nm)</b>	<b>FWHM (nm)</b>
25°C	5.45	1437.40	92.7
30°C	5.28	1440.80	93.1
35°C	5.14	1444.26	93.7
40°C	4.98	1447.28	94.3
45°C	4.81	1450.25	95.0
50°C	4.65	1453.02	96.1
55°C	4.47	1455.77	97.5
<b>LEM0001 LED D1 à 50mA</b>			
<b>Température (°C)</b>	<b>Maximum du pic (nW)</b>	<b>Position du pic (nm)</b>	<b>FWHM (nm)</b>
25°C	19.1	1438.38	116
30°C	18.4	1441.99	116
35°C	17.9	1445.26	116
40°C	17.2	1448.40	115
45°C	16.5	1451.03	115
50°C	15.9	1453.85	115
55°C	15.2	1456.42	116
<b>LEM0001 LED D2 à 1mA</b>			
<b>Température (°C)</b>	<b>Maximum du pic (nW)</b>	<b>Position du pic (nm)</b>	<b>FWHM (nm)</b>
25°C	0.427	1438.33	77.6
30°C	0.397	1441.44	79.3
35°C	0.371	1444.61	81.0
40°C	0.346	1447.95	82.4
45°C	0.321	1451.06	83.6
50°C	0.299	1454.25	84.7
55°C	0.278	1457.82	85.7
<b>LEM0001 LED D2 à 10mA</b>			
<b>Température (°C)</b>	<b>Maximum du pic (nW)</b>	<b>Position du pic (nm)</b>	<b>FWHM (nm)</b>
25°C	6.42	1438.26	89.4
30°C	6.18	1441.43	91.2
35°C	5.95	1444.82	92.7
40°C	5.71	1448.03	94.5
45°C	5.48	1451.23	96.2

**Mesures spectrophotométriques de LEDs proche infrarouges**

50°C	5.28	1454.65	97.7
55°C	5.10	1458.19	99.0
<b>LEM0001 LED D2 à 50mA</b>			
<b>Température (°C)</b>	<b>Maximum du pic (nW)</b>	<b>Position du pic (nm)</b>	<b>FWHM (nm)</b>
25°C	22.8	1437.99	110
30°C	21.9	1441.42	110
35°C	21.0	1444.94	111
40°C	20.1	1448.39	111
45°C	19.3	1451.72	112
50°C	18.5	1455.19	113
55°C	17.9	1458.97	114
<b>LEM0001 LED D3 à 1mA</b>			
<b>Température (°C)</b>	<b>Maximum du pic (nW)</b>	<b>Position du pic (nm)</b>	<b>FWHM (nm)</b>
25°C	0.892	1048.97	24.6
30°C	0.858	1050.83	24.9
35°C	0.823	1052.72	25.2
40°C	0.785	1054.59	25.5
45°C	0.753	1056.49	26.0
50°C	0.716	1058.49	26.4
55°C	0.678	1060.32	27.1
<b>LEM0001 LED D3 à 10mA</b>			
<b>Température (°C)</b>	<b>Maximum du pic (nW)</b>	<b>Position du pic (nm)</b>	<b>FWHM (nm)</b>
25°C	10.0	1049.83	31.6
30°C	9.76	1051.64	32.3
35°C	9.48	1053.54	33.0
40°C	9.22	1055.46	33.7
45°C	8.92	1057.34	34.5
50°C	8.63	1059.22	35.3
55°C	8.35	1061.12	36.1
<b>LEM0001 LED D3 à 50mA</b>			
<b>Température (°C)</b>	<b>Maximum du pic (nW)</b>	<b>Position du pic (nm)</b>	<b>FWHM (nm)</b>
25°C	38.4	1052.06	43.9
30°C	37.3	1053.86	44.9
35°C	36.1	1055.75	45.9
40°C	35.0	1057.57	46.9
45°C	33.9	1059.36	48.0
50°C	32.7	1061.22	49.3
55°C	31.6	1063.00	50.7



**Mesures spectrophotométriques de LEDs proche infrarouges**

LEM0001 LED D4 à 1mA			
Température (°C)	Maximum du pic (nW)	Position du pic (nm)	FWHM (nm)
25°C	0.520	1647.62	116
30°C	0.494	1649.41	119
35°C	0.467	1651.49	121
40°C	0.440	1652.84	123
45°C	0.414	1654.26	125
50°C	0.388	1655.82	126
55°C	0.362	1657.03	129
LEM0001 LED D4 à 10mA			
Température (°C)	Maximum du pic (nW)	Position du pic (nm)	FWHM (nm)
25°C	4.35	1646.34	125
30°C	4.11	1648.17	127
35°C	3.87	1650.04	129
40°C	3.65	1651.76	130
45°C	3.43	1653.03	132
50°C	3.22	1654.21	134
55°C	3.01	1655.28	136
LEM0001 LED D4 à 50mA			
Température (°C)	Maximum du pic (nW)	Position du pic (nm)	FWHM (nm)
25°C	13.8	1645.56	138
30°C	13.0	1647.09	139
35°C	12.3	1648.68	141
40°C	11.5	1650.20	142
45°C	10.8	1651.61	143
50°C	10.2	1652.69	145
55°C	9.54	1653.56	147
LEM0001 LED D5 à 1mA			
Température (°C)	Maximum du pic (nW)	Position du pic (nm)	FWHM (nm)
25°C	0.478	1649.34	121
30°C	0.451	1651.85	123
35°C	0.423	1653.56	125
40°C	0.396	1655.61	126
45°C	0.371	1657.17	127
50°C	0.342	1658.80	130
55°C	0.318	1660.29	131
LEM0001 LED D5 à 10mA			
Température (°C)	Maximum du pic (nW)	Position du pic (nm)	FWHM (nm)

**Mesures spectrophotométriques de LEDs proche infrarouges**

25°C	3.97	1648.17	128
30°C	3.72	1650.57	129
35°C	3.49	1652.47	131
40°C	3.26	1653.97	133
45°C	3.04	1655.43	134
50°C	2.83	1656.71	136
55°C	2.63	1657.86	139
<b>LEM0001 LED D5 à 50mA</b>			
<b>Température (°C)</b>	<b>Maximum du pic (nW)</b>	<b>Position du pic (nm)</b>	<b>FWHM (nm)</b>
25°C	12.2	1647.76	140
30°C	11.4	1649.95	141
35°C	10.7	1651.83	142
40°C	9.93	1653.12	143
45°C	9.23	1654.35	145
50°C	8.57	1655.39	149
55°C	7.95	1656.36	154
<b>LEM0001 LED D6 à 1mA</b>			
<b>Température (°C)</b>	<b>Maximum du pic (nW)</b>	<b>Position du pic (nm)</b>	<b>FWHM (nm)</b>
25°C	0.954	1046.14	24.4
30°C	0.925	1047.97	24.9
35°C	0.893	1049.80	25.1
40°C	0.858	1051.56	25.5
45°C	0.818	1053.40	25.8
50°C	0.779	1055.29	26.2
55°C	0.742	1057.08	26.6
<b>LEM0001 LED D6 à 10mA</b>			
<b>Température (°C)</b>	<b>Maximum du pic (nW)</b>	<b>Position du pic (nm)</b>	<b>FWHM (nm)</b>
25°C	10.2	1047.03	31.3
30°C	9.97	1048.78	31.9
35°C	9.67	1050.64	32.6
40°C	9.39	1052.53	33.2
45°C	9.07	1054.26	34.0
50°C	8.74	1056.12	34.6
55°C	8.41	1058.00	35.4
<b>LEM0001 LED D6 à 50mA</b>			
<b>Température (°C)</b>	<b>Maximum du pic (nW)</b>	<b>Position du pic (nm)</b>	<b>FWHM (nm)</b>
25°C	38.8	1049.39	43.7
30°C	37.8	1051.14	44.5

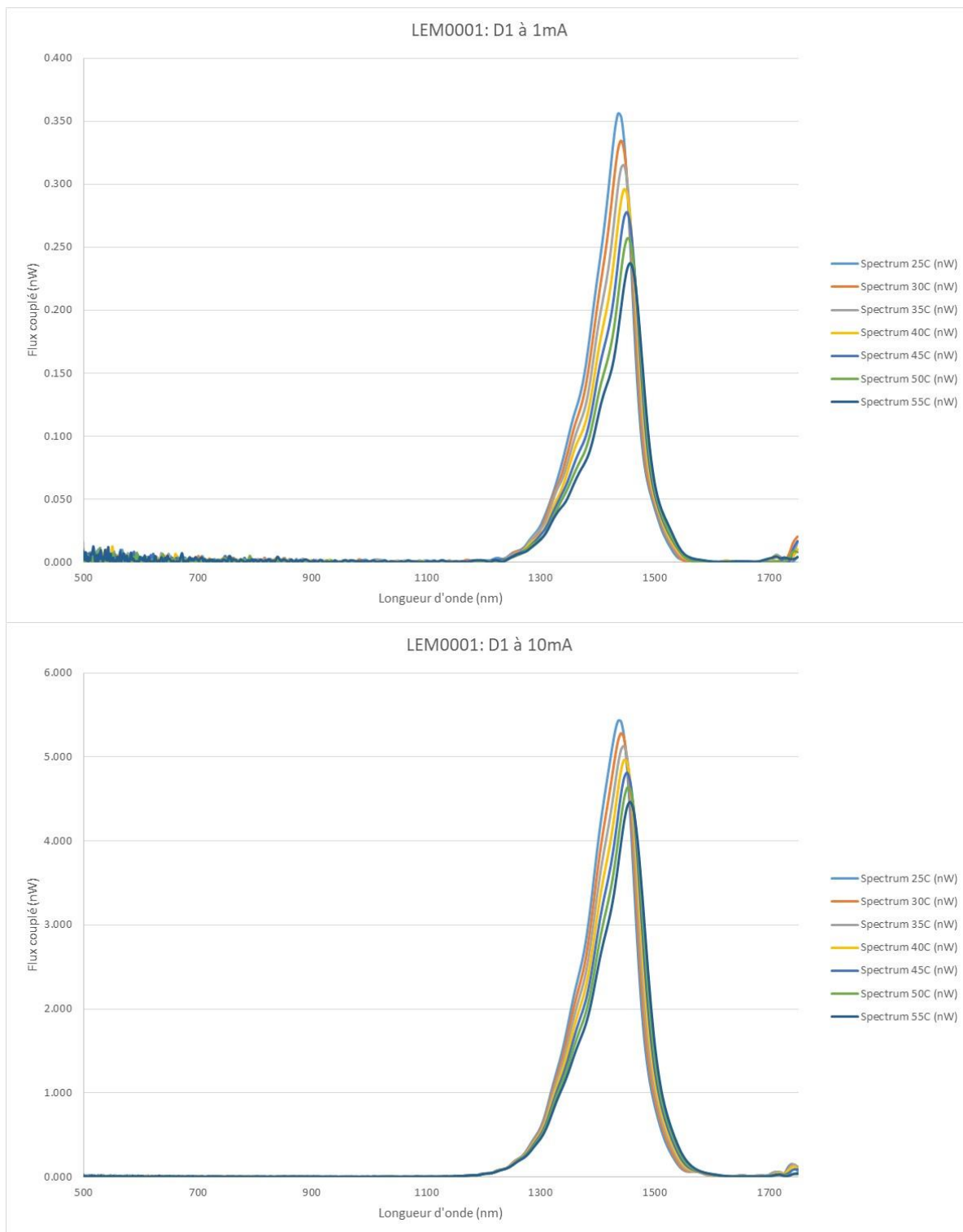
**Mesures spectrophotométriques de LEDs proche infrarouges**

<b>35°C</b>	36.7	1052.99	45.3
<b>40°C</b>	35.4	1054.76	46.3
<b>45°C</b>	34.3	1056.50	47.2
<b>50°C</b>	32.9	1058.31	48.2
<b>55°C</b>	31.5	1060.06	49.4
<b>LEM0001 LED D7 à 10mA</b>			
<b>Température (°C)</b>	<b>Maximum du pic (nW)</b>	<b>Position du pic (nm)</b>	<b>FWHM (nm)</b>
<b>25°C</b>	4.94	1439.15	90.9
<b>30°C</b>	4.76	1442.85	92.7
<b>35°C</b>	4.61	1446.23	94.2
<b>40°C</b>	4.46	1449.84	95.5
<b>45°C</b>	4.32	1453.26	97.0
<b>50°C</b>	4.18	1456.60	98.1
<b>55°C</b>	4.05	1460.16	99.0
<b>LEM0001 LED D8 à 10mA</b>			
<b>Température (°C)</b>	<b>Maximum du pic (nW)</b>	<b>Position du pic (nm)</b>	<b>FWHM (nm)</b>
<b>25°C</b>	3.33	1645.42	128
<b>30°C</b>	3.10	1647.37	131
<b>35°C</b>	2.89	1649.21	133
<b>40°C</b>	2.67	1651.26	135
<b>45°C</b>	2.49	1652.48	137
<b>50°C</b>	2.31	1653.70	140
<b>55°C</b>	2.14	1654.81	144

**Tableau 2: Paramètres des pics d'émission des LEDs du LEM0001**

## Mesures spectrophotométriques de LEDs proche infrarouges

### 6.1 LEM0001 : LED D1



## Mesures spectrophotométriques de LEDs proche infrarouges

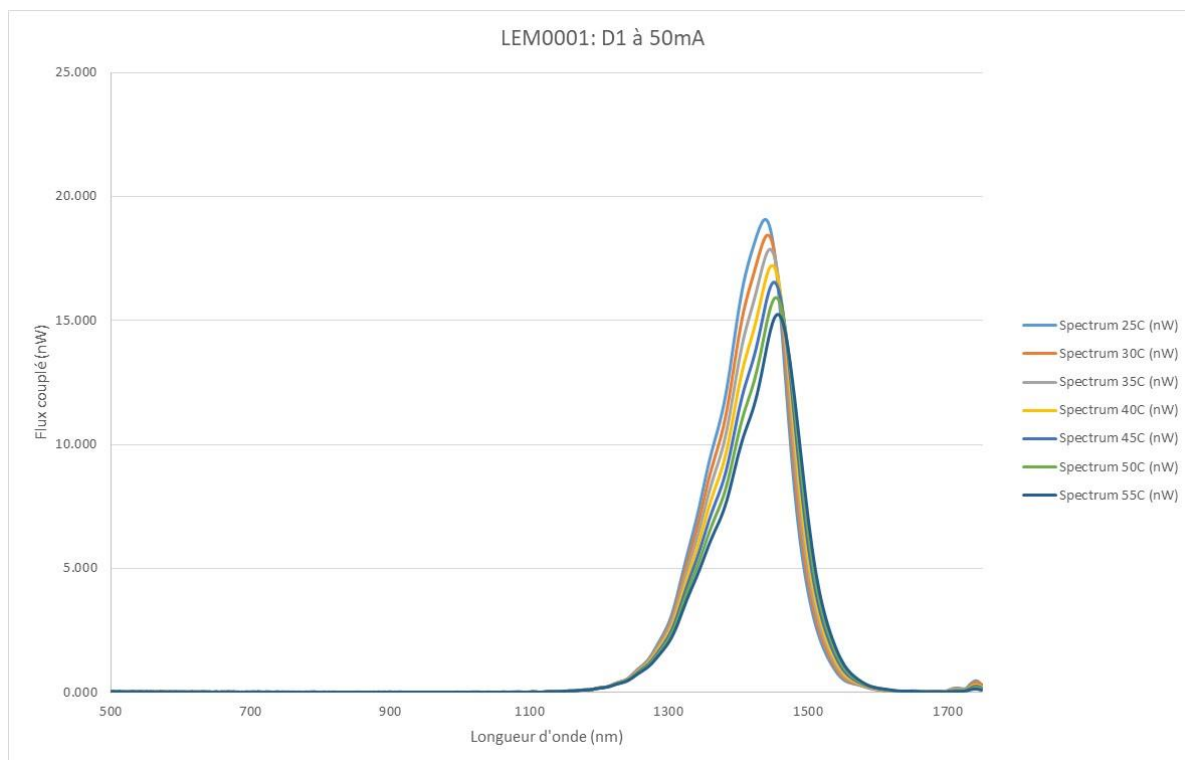
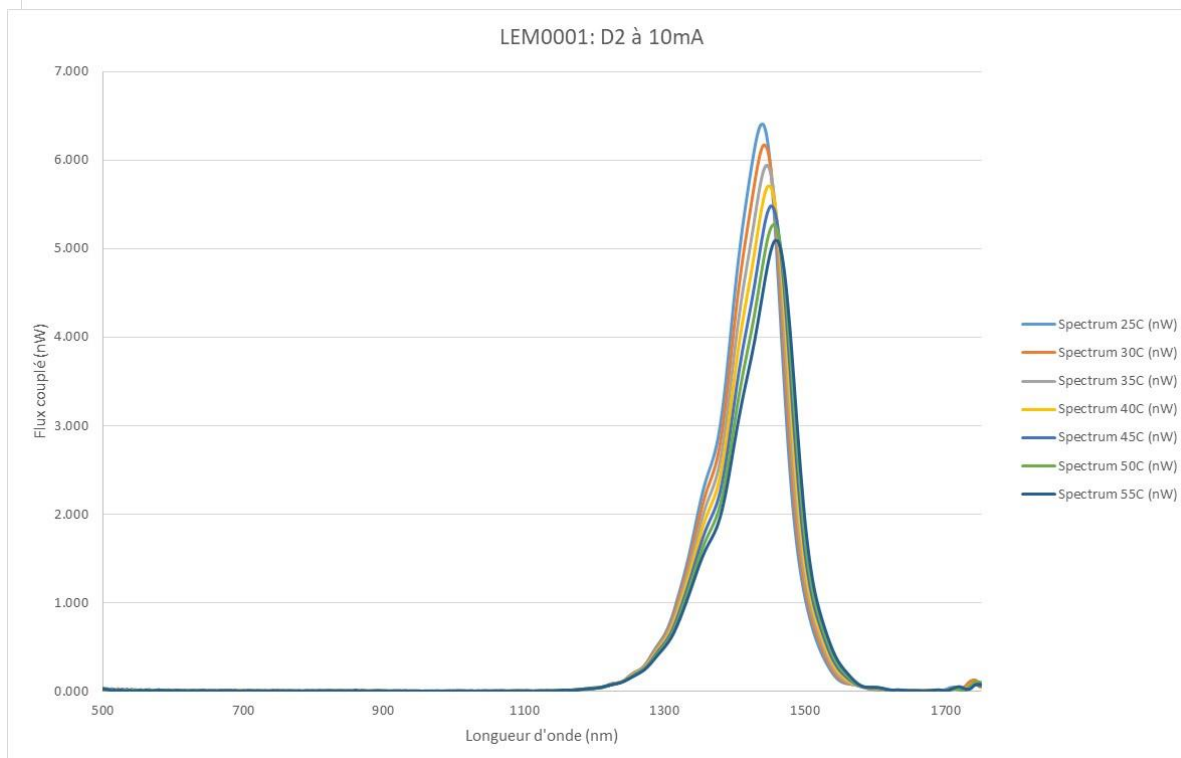
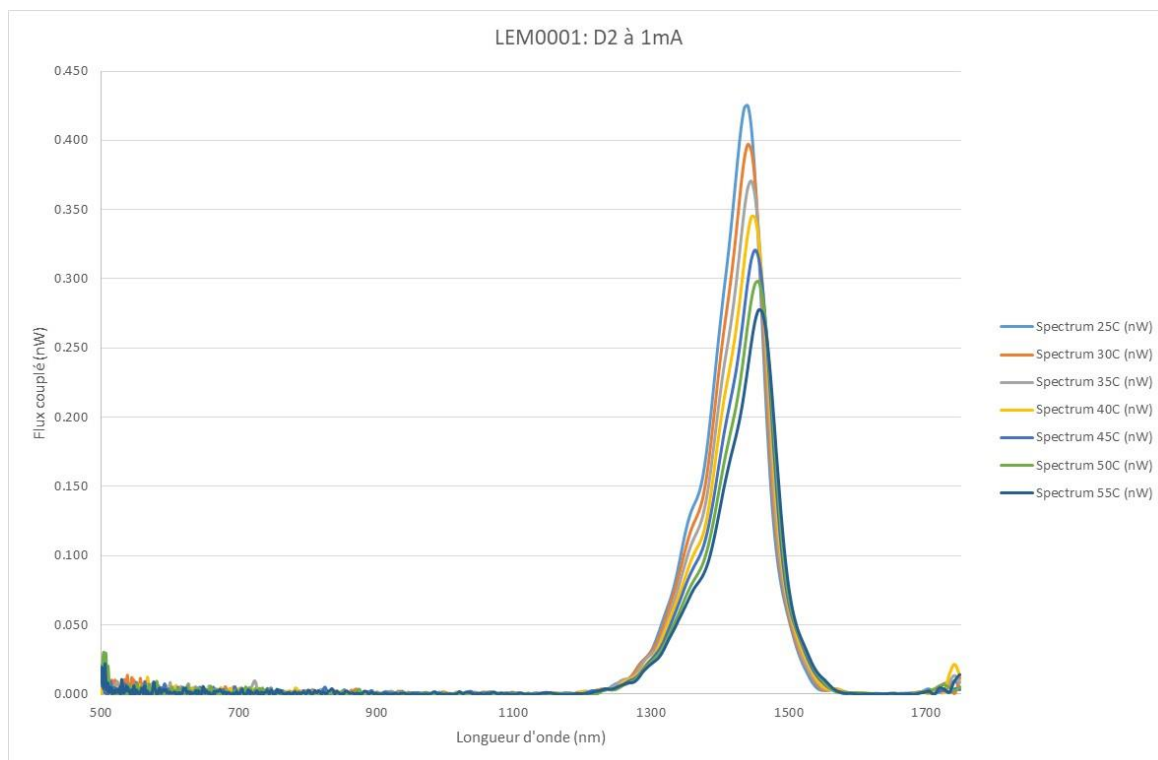


Figure 4: LEM0001 LED D1

## Mesures spectrophotométriques de LEDs proche infrarouges

### 6.2 LEM0001: LED D2





## Mesures spectrophotométriques de LEDs proche infrarouges

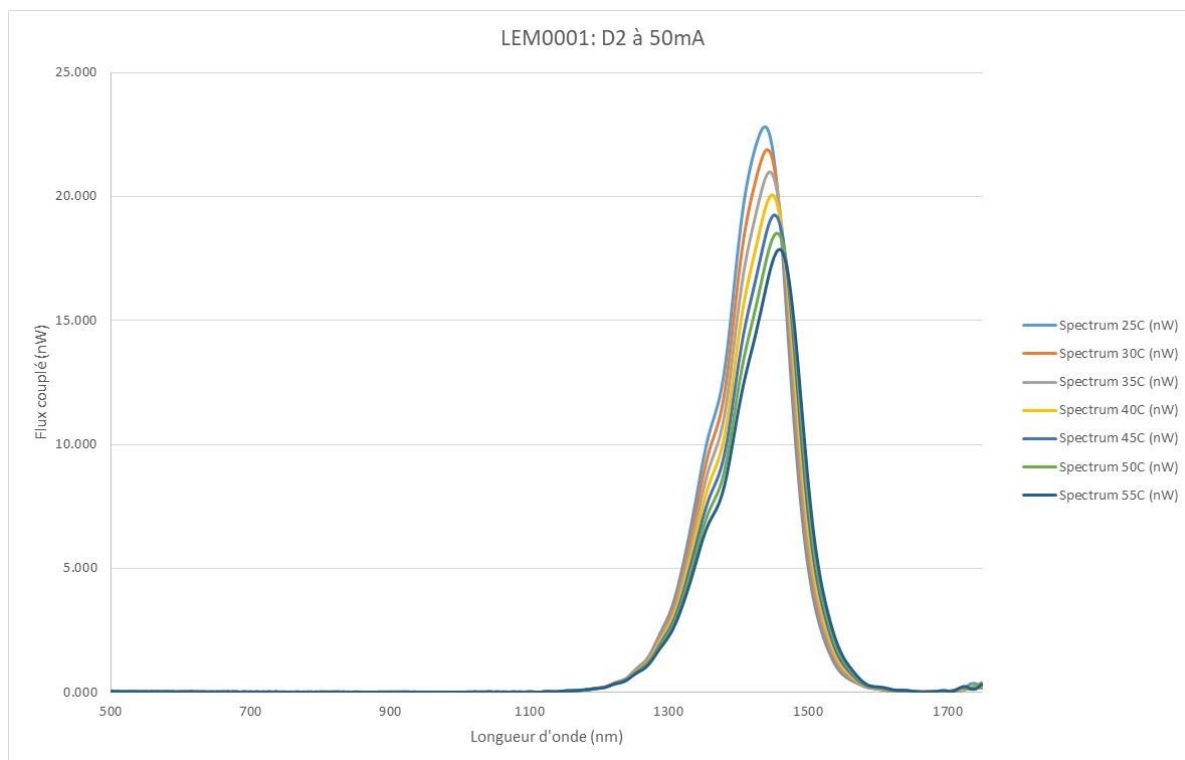
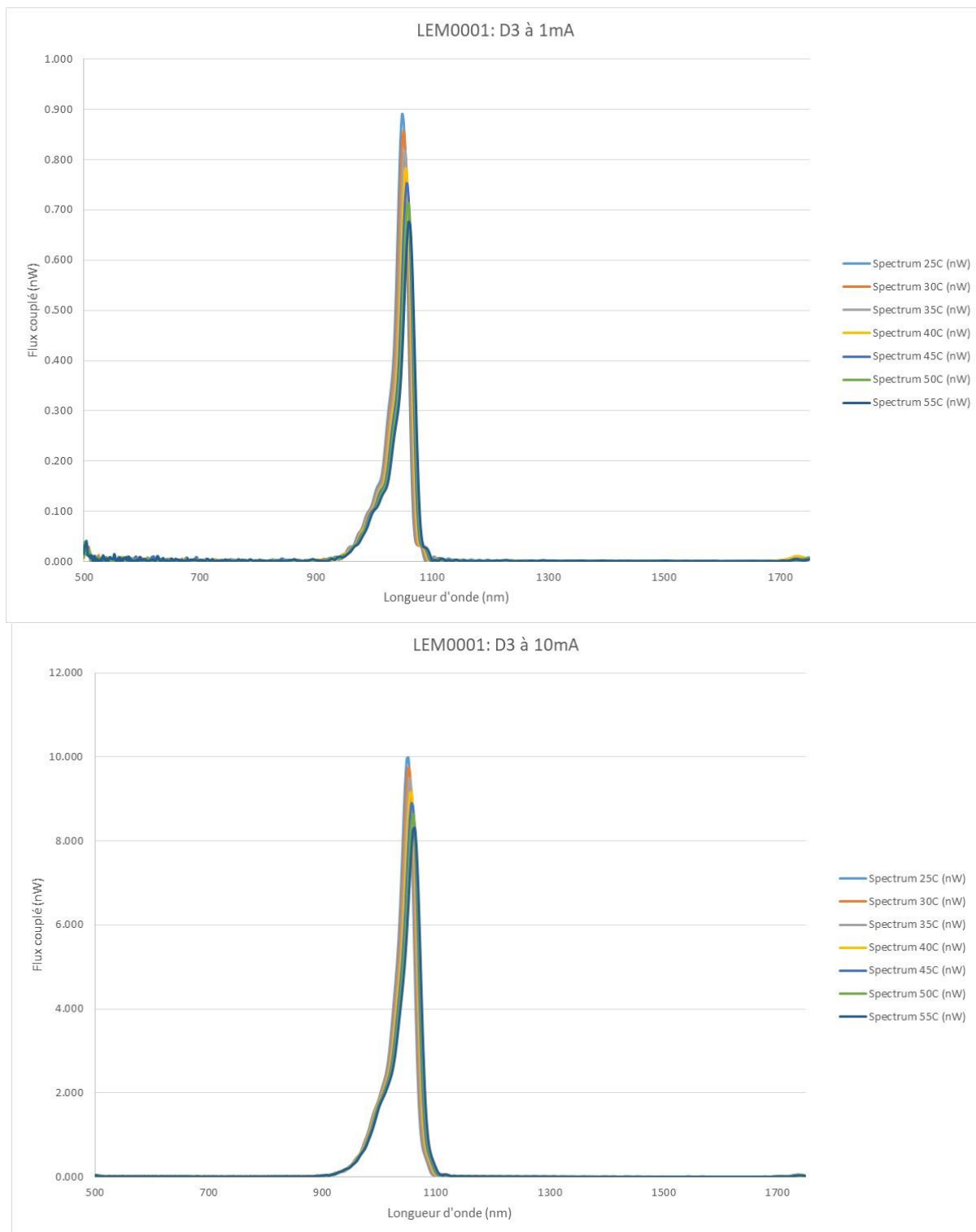


Figure 5: LEM0001 Led D2

## Mesures spectrophotométriques de LEDs proche infrarouges

### 6.3 LEM0001: LED D3



## Mesures spectrophotométriques de LEDs proche infrarouges

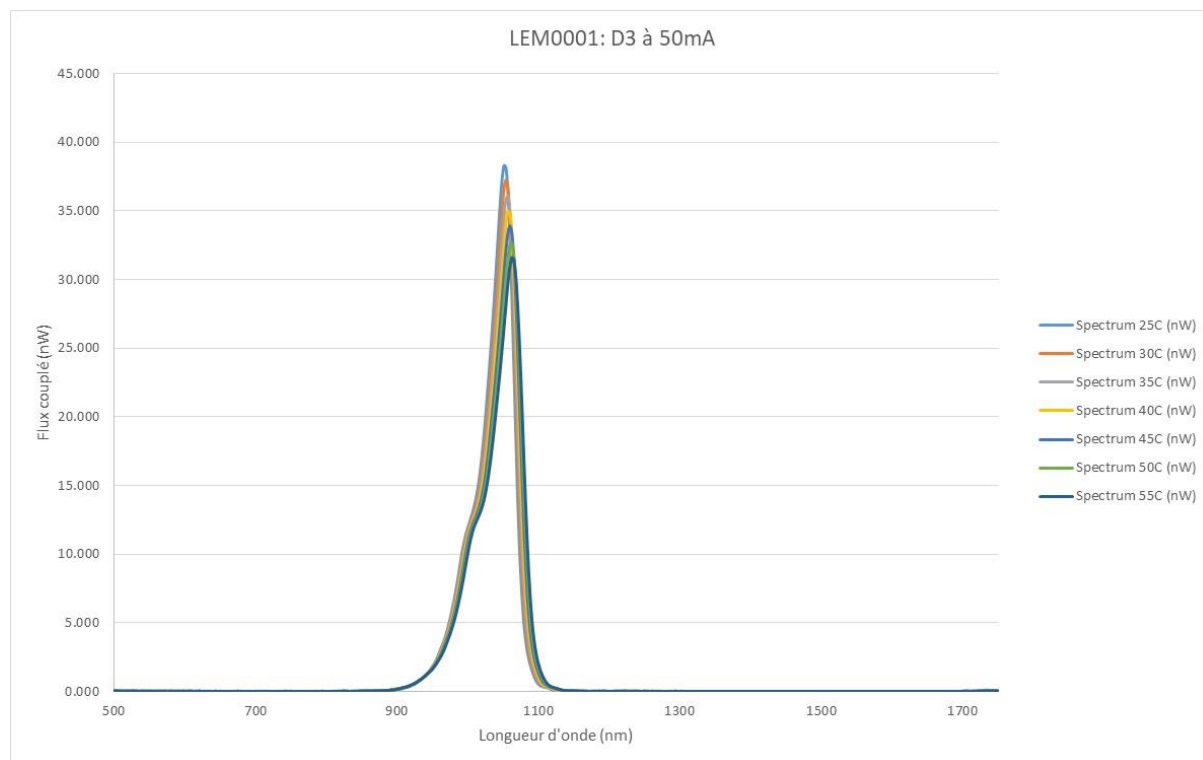
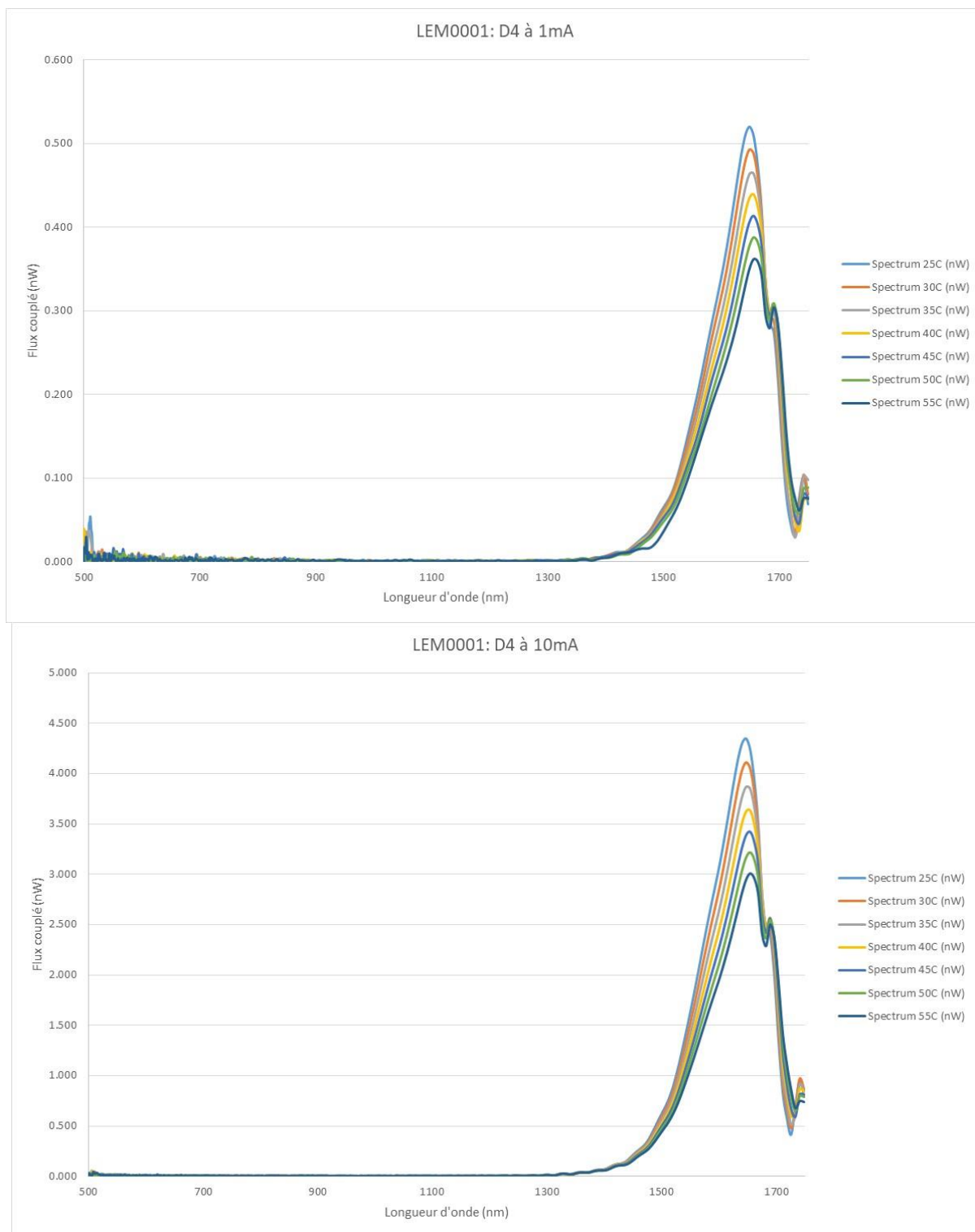


Figure 6: LEM0001 LED D3

## Mesures spectrophotométriques de LEDs proche infrarouges

### 6.4 LEM0001: LED D4



## Mesures spectrophotométriques de LEDs proche infrarouges

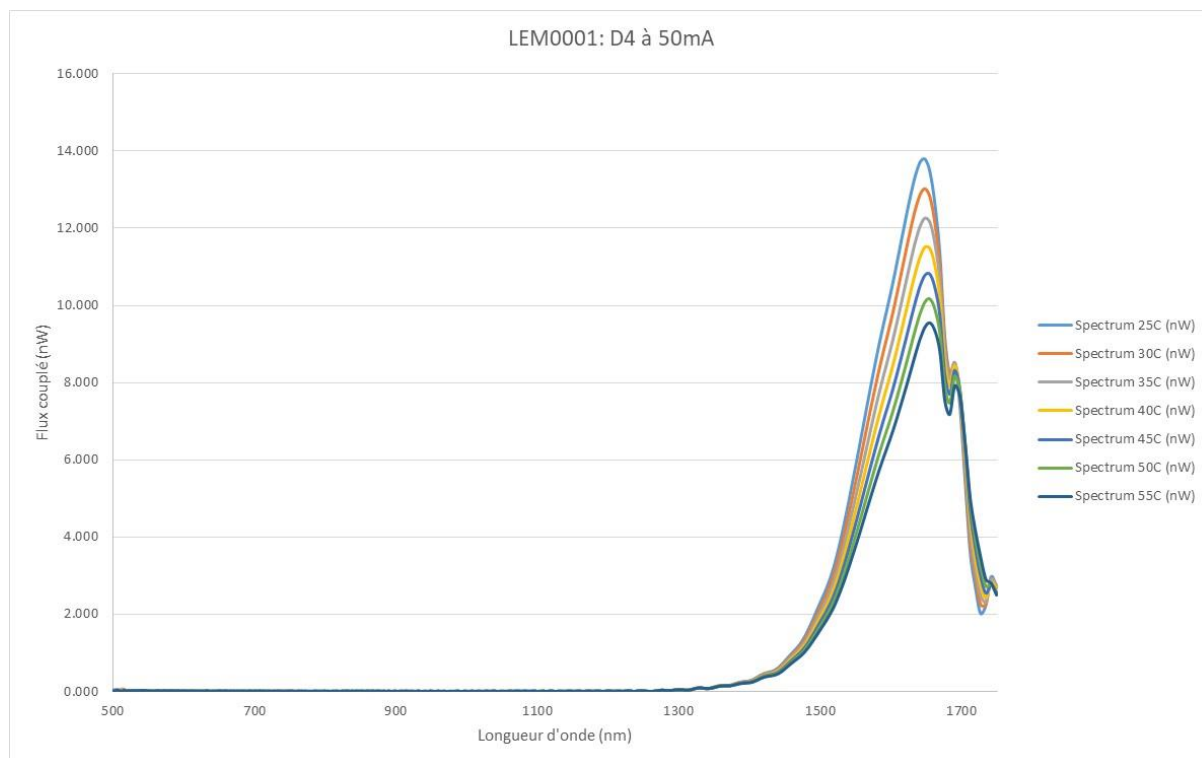
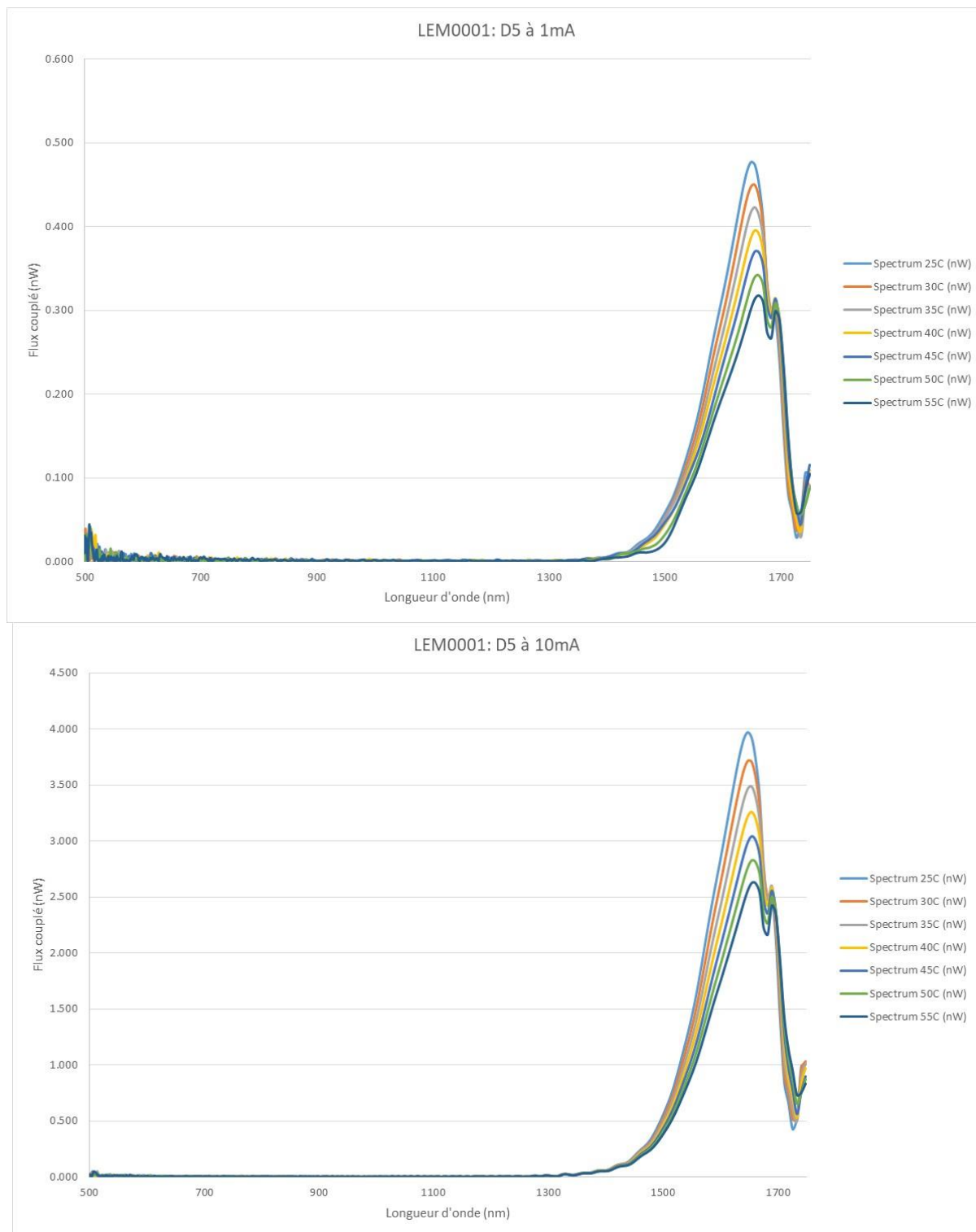


Figure 7: LEM0001 LED D4

## Mesures spectrophotométriques de LEDs proche infrarouges

### 6.5 LEM0001: LED D5





## Mesures spectrophotométriques de LEDs proche infrarouges

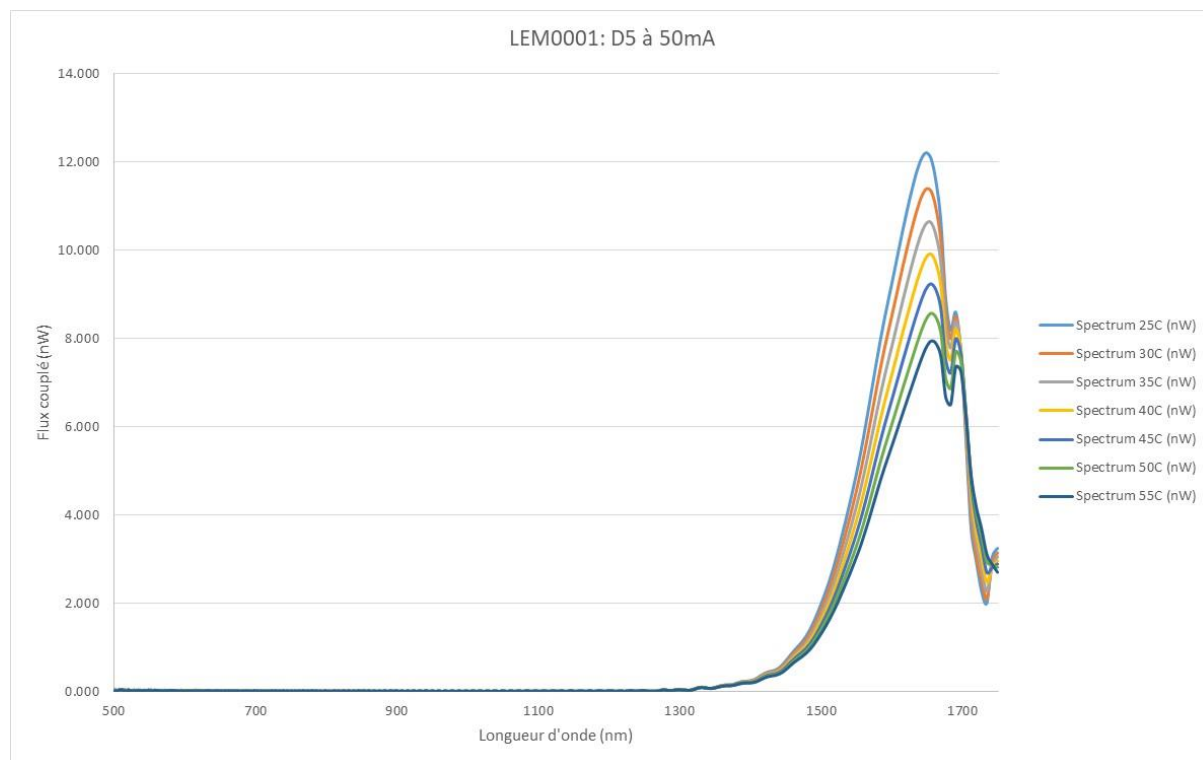
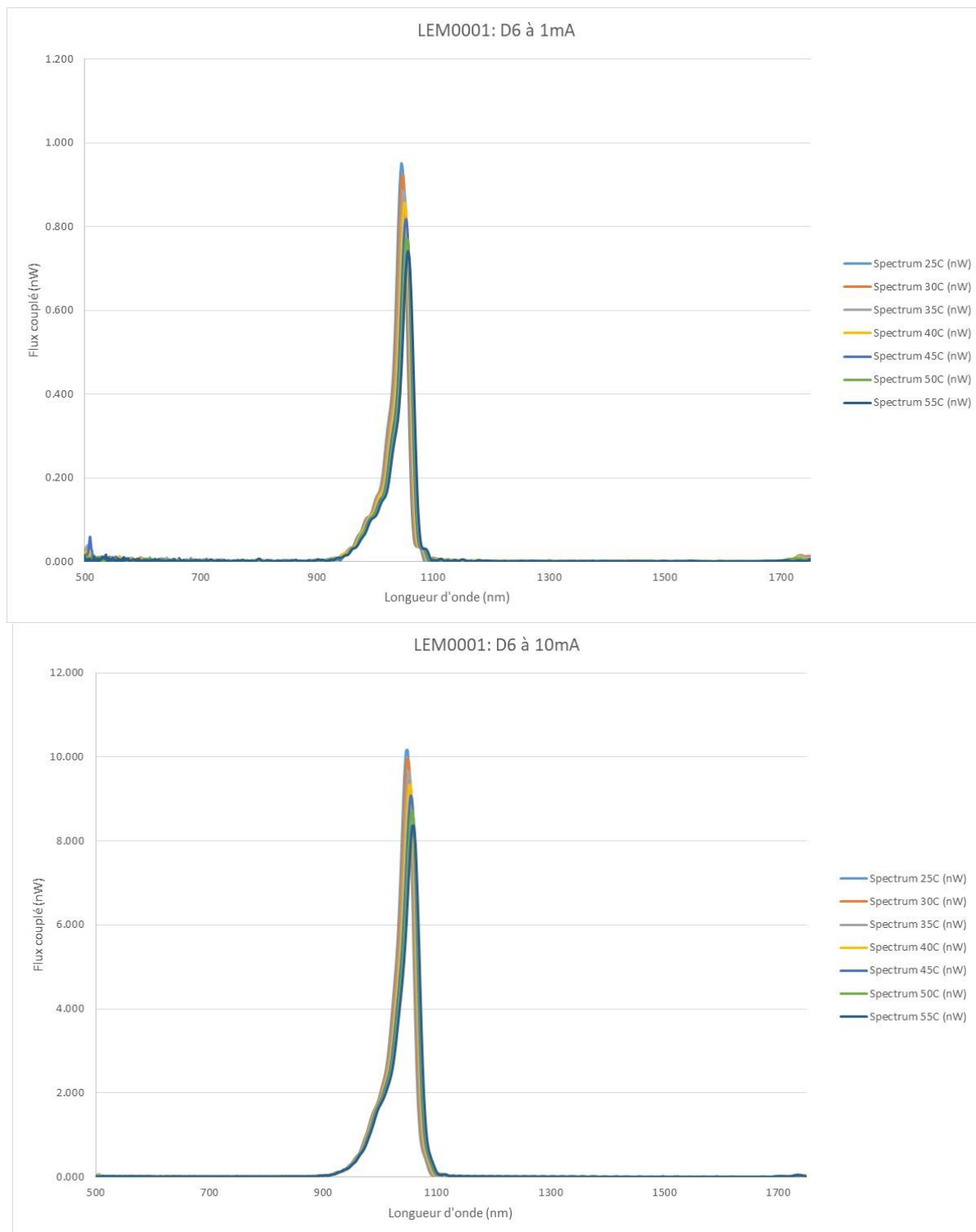


Figure 8: LEM0001 LED D5

## Mesures spectrophotométriques de LEDs proche infrarouges

### 6.6 LEM0001: LED D6



## Mesures spectrophotométriques de LEDs proche infrarouges

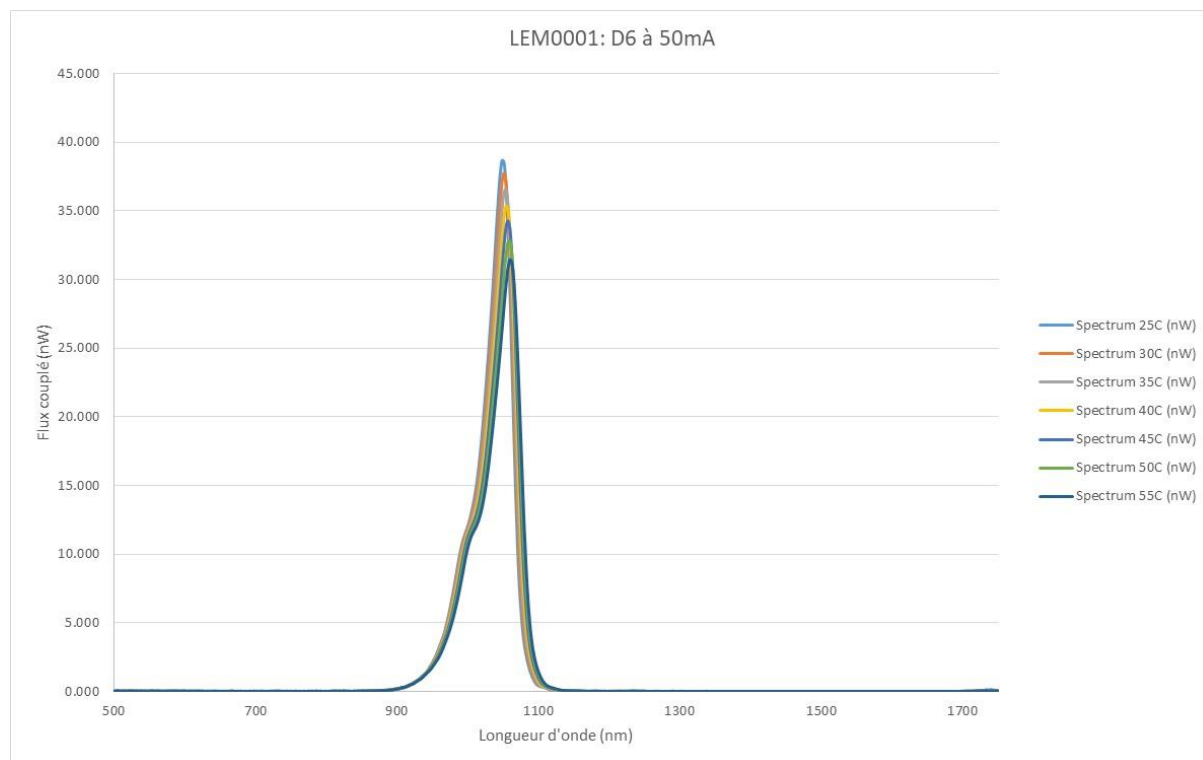


Figure 9: LEM0001 LED D6

## Mesures spectrophotométriques de LEDs proche infrarouges

### 6.7 LEM0001: LED D7 (RESCUE 2)

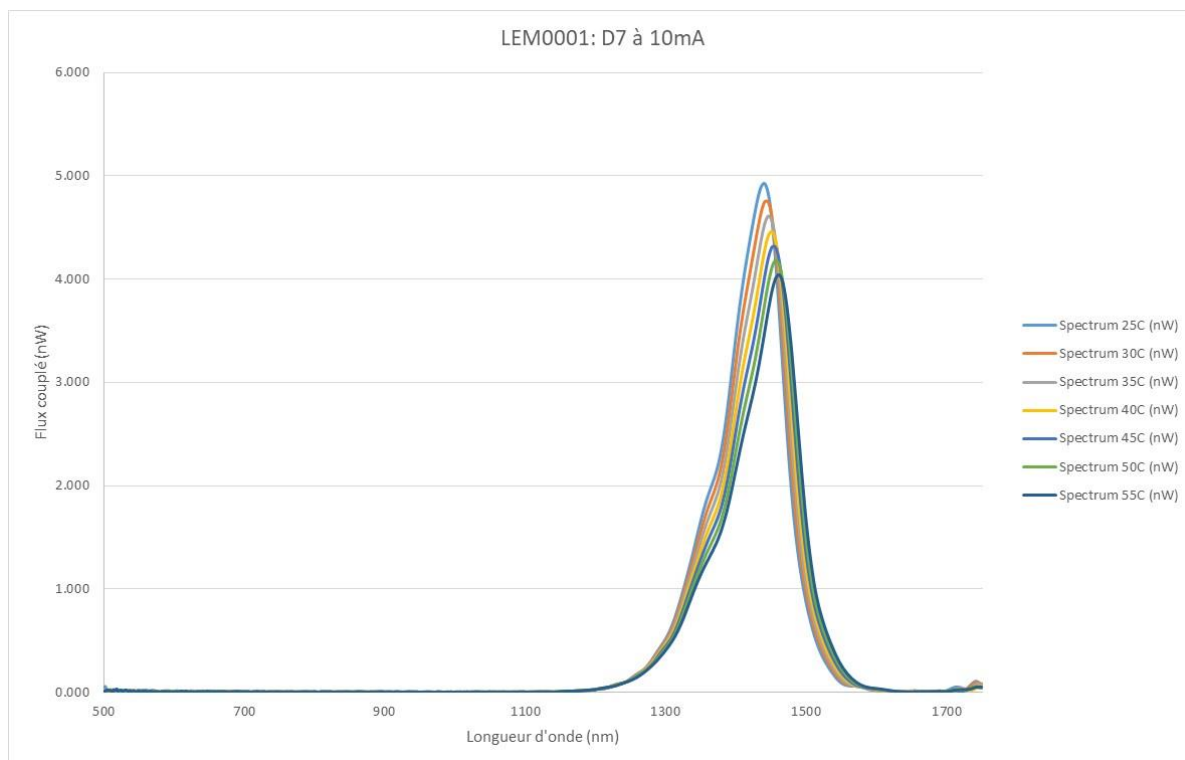


Figure 10: LEM0001 LED D7 à 10mA

## Mesures spectrophotométriques de LEDs proche infrarouges

### 6.8 LEM0001 : LED D8 (RESCUE 1)

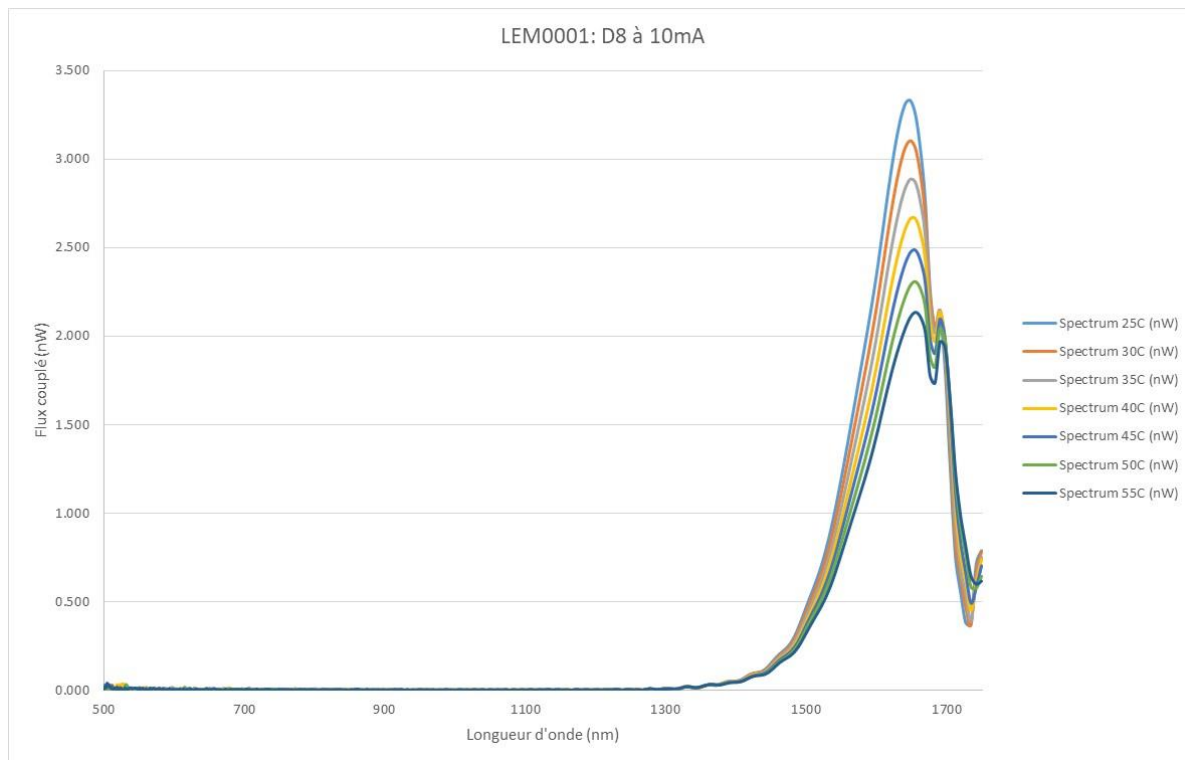


Figure 11: LEM0001 LED D8 à 10 mA

## Mesures spectrophotométriques de LEDs proche infrarouges

### 7. Mesure des LEDs du LEM0004

Le courant mesuré par l'ampèremètre est stable à mieux que  $10^{-3}$  mA près. Il varie en fonction de la commande en température du PID et les valeurs relevées sont identiques à  $10^{-3}$  près pour toutes les LEDs :

- 25°C : 0.299mA
- 30°C : 0.304mA
- 35°C : 0.309mA
- 40°C : 0.314mA
- 45° : 0.319mA
- 50°C : 0.324mA
- 55°C : 0.329mA

La température ambiante de la salle propre est régulée est vaut  $20.5^{\circ}\pm 0.2^{\circ}\text{C}$  dans l'environnement du LEM.

Pour chaque mesure de spectre, un dark est également mesuré et soustrait.

Les fichiers de log sont sauvegardés systématiquement.

Les mesures sont réalisées pour chaque courant (1mA, 10mA et 50mA) entre 25°C et 55°C par pas de 5°C.

Chaque spectre représenté est une moyenne de 10 spectres acquis.

Le bruit de mesure est plus important aux courtes longueurs d'onde du spectre (vers 500nm). Ce bruit est intrinsèque au spectromètre.

Une remontée est également présente vers les grandes longueurs d'onde (1750nm) et elle est due à la réponse du spectromètre dans cette région.

Une mesure avec une source large spectre connue est en cours de mise en place pour confirmation.

De manière générale, nous observons les comportements attendus suivants :

- ✓ Le flux émis croît avec le courant d'alimentation ;
- ✓ Le flux émis décroît quand la température augmente ;
- ✓ Le pic se déplace vers les grandes longueurs d'onde ;
- ✓ La FWHM semble diminuer ;
- ✓ Les fichiers de mesure sont transmis pour une analyse quantitative par le client.

Le Tableau 3 indique quelques estimations issues des courbes de la Figure 12 à la Figure 19.



**Mesures spectrophotométriques de LEDs proche infrarouges**

LEM0004 LED D1 à 1mA			
Température (°C)	Maximum du pic (nW)	Position du pic (nm)	FWHM (nm)
25°C	0.447	1439.54	77.7
30°C	0.413	1443.27	79.7
35°C	0.384	1446.57	80.9
40°C	0.359	1450.12	82.3
45°C	0.334	1453.52	83.0
50°C	0.308	1456.64	84.4
55°C	0.285	1460.10	85.0
LEM0004 LED D1 à 10mA			
Température (°C)	Maximum du pic (nW)	Position du pic (nm)	FWHM (nm)
25°C	7.11	1439.31	90.7
30°C	6.85	1443.48	92.0
35°C	6.61	1447.15	93.4
40°C	6.39	1450.60	94.5
45°C	6.19	1454.04	95.8
50°C	5.98	1457.19	97.1
55°C	5.77	1460.39	98.2
LEM0004 LED D1 à 50mA			
Température (°C)	Maximum du pic (nW)	Position du pic (nm)	FWHM (nm)
25°C	25.1	1439.45	114.2
30°C	24.1	1444.19	113.9
35°C	23.5	1448.41	113.5
40°C	22.6	1451.85	113.3
45°C	21.8	1455.18	113.1
50°C	21.0	1548.53	113.7
55°C	20.2	1461.39	114.4
LEM0004 LED D2 à 1mA			
Température (°C)	Maximum du pic (nW)	Position du pic (nm)	FWHM (nm)
25°C	0.286	1441.45	76.5
30°C	0.265	1444.77	76.8
35°C	0.242	1447.47	77.4
40°C	0.221	1450.34	78.2
45°C	0.201	1453.09	79.5
50°C	0.184	1456.21	79.4
55°C	0.166	1459.48	81.2
LEM0004 LED D2 à 10mA			
Température (°C)	Maximum du pic (nW)	Position du pic (nm)	FWHM (nm)

**Mesures spectrophotométriques de LEDs proche infrarouges**

25°C	6.15	1441.61	90.2
30°C	5.96	1444.56	91.0
35°C	7.75	1447.45	92.2
40°C	5.56	1450.20	93.2
45°C	5.35	1453.01	94.6
50°C	5.16	1455.79	95.9
55°C	4.97	1458.71	97.2
<b>LEM0004 LED D2 à 50mA</b>			
<b>Température (°C)</b>	<b>Maximum du pic (nW)</b>	<b>Position du pic (nm)</b>	<b>FWHM (nm)</b>
25°C	22.5	1441.70	112.4
30°C	21.6	1444.65	112.4
35°C	20.8	1447.40	112.8
40°C	20.0	1450.13	113.3
45°C	19.3	1452.86	114.0
50°C	18.5	1455.54	115.0
55°C	17.8	1458.24	116.1
<b>LEM0004 LED D3 à 1mA</b>			
<b>Température (°C)</b>	<b>Maximum du pic (nW)</b>	<b>Position du pic (nm)</b>	<b>FWHM (nm)</b>
25°C	1.04	1045.41	24.4
30°C	1.01	1047.32	24.9
35°C	0.97	1049.24	25.2
40°C	0.94	1051.05	25.5
45°C	0.90	1052.99	25.9
50°C	0.86	1054.91	26.3
55°C	0.83	1056.80	26.9
<b>LEM0004 LED D3 à 10mA</b>			
<b>Température (°C)</b>	<b>Maximum du pic (nW)</b>	<b>Position du pic (nm)</b>	<b>FWHM (nm)</b>
25°C	10.9	1046.24	31.3
30°C	10.7	1048.13	31.9
35°C	10.4	1050.08	32.6
40°C	10.2	1051.92	33.3
45°C	9.87	1053.78	34.1
50°C	9.58	1055.75	34.8
55°C	9.30	1057.67	35.6
<b>LEM0004 LED D3 à 50mA</b>			
<b>Température (°C)</b>	<b>Maximum du pic (nW)</b>	<b>Position du pic (nm)</b>	<b>FWHM (nm)</b>
25°C	41.5	1048.63	43.5
30°C	40.4	1050.57	40.4

**Mesures spectrophotométriques de LEDs proche infrarouges**

<b>35°C</b>	39.3	1052.45	45.3
<b>40°C</b>	38.4	1054.21	46.2
<b>45°C</b>	37.0	1056.10	47.2
<b>50°C</b>	35.9	1058.02	48.3
<b>55°C</b>	34.8	1059.77	49.4
<b>LEM0004 LED D4 à 1mA</b>			
<b>Température (°C)</b>	<b>Maximum du pic (nW)</b>	<b>Position du pic (nm)</b>	<b>FWHM (nm)</b>
<b>25°C</b>	0.473	1646.72	107
<b>30°C</b>	0.451	1648.67	116
<b>35°C</b>	0.426	1650.47	120
<b>40°C</b>	0.400	1652.18	123
<b>45°C</b>	0.377	1653.30	126
<b>50°C</b>	0.353	1654.02	128
<b>55°C</b>	0.324	1655.58	132
<b>LEM0004 LED D4 à 10mA</b>			
<b>Température (°C)</b>	<b>Maximum du pic (nW)</b>	<b>Position du pic (nm)</b>	<b>FWHM (nm)</b>
<b>25°C</b>	3.96	1645.60	114
<b>30°C</b>	3.76	1647.24	123
<b>35°C</b>	3.54	1648.82	127
<b>40°C</b>	3.32	1650.38	130
<b>45°C</b>	3.12	1651.83	133
<b>50°C</b>	2.92	1652.86	135
<b>55°C</b>	2.72	1653.70	138
<b>LEM0004 LED D4 à 50mA</b>			
<b>Température (°C)</b>	<b>Maximum du pic (nW)</b>	<b>Position du pic (nm)</b>	<b>FWHM (nm)</b>
<b>25°C</b>	12.6	1644.64	131
<b>30°C</b>	12.0	1646.00	135
<b>35°C</b>	11.2	1647.29	138
<b>40°C</b>	10.6	1648.61	141
<b>45°C</b>	9.91	1649.83	143
<b>50°C</b>	9.26	1651.08	146
<b>55°C</b>	8.66	1651.94	149
<b>LEM0004 LED D5 à 1mA</b>			
<b>Température (°C)</b>	<b>Maximum du pic (nW)</b>	<b>Position du pic (nm)</b>	<b>FWHM (nm)</b>
<b>25°C</b>	0.509	1650.06	120
<b>30°C</b>	0.480	1652.48	121
<b>35°C</b>	0.451	1654.41	123
<b>40°C</b>	0.421	1655.87	125

**Mesures spectrophotométriques de LEDs proche infrarouges**

45°C	0.396	1657.36	126
50°C	0.372	1658.66	128
55°C	0.345	1659.67	131
<b>LEM0004 LED D5 à 10mA</b>			
<b>Température (°C)</b>	<b>Maximum du pic (nW)</b>	<b>Position du pic (nm)</b>	<b>FWHM (nm)</b>
25°C	4.28	1648.93	126
30°C	4.01	1651.25	128
35°C	3.76	1652.83	129
40°C	3.52	1654.27	131
45°C	3.29	1655.62	133
50°C	3.08	1656.85	134
55°C	2.87	1658.01	138
<b>LEM0004 LED D5 à 50mA</b>			
<b>Température (°C)</b>	<b>Maximum du pic (nW)</b>	<b>Position du pic (nm)</b>	<b>FWHM (nm)</b>
25°C	13.7	1647.60	137
30°C	12.8	1649.45	138
35°C	12.0	1651.26	139
40°C	11.3	1652.48	141
45°C	10.5	1653.60	142
50°C	9.85	1654.63	145
55°C	9.22	1655.57	149
<b>LEM0004 LED D6 à 1mA</b>			
<b>Température (°C)</b>	<b>Maximum du pic (nW)</b>	<b>Position du pic (nm)</b>	<b>FWHM (nm)</b>
25°C	0.900	1049.47	24.5
30°C	0.860	1051.29	24.7
35°C	0.826	1053.11	25.1
40°C	0.778	1054.89	25.5
45°C	0.734	1056.70	25.9
50°C	0.700	1058.62	26.3
55°C	0.658	1060.43	26.8
<b>LEM0004 LED D6 à 10mA</b>			
<b>Température (°C)</b>	<b>Maximum du pic (nW)</b>	<b>Position du pic (nm)</b>	<b>FWHM (nm)</b>
25°C	10.3	1050.29	31.6
30°C	10.0	1052.08	32.3
35°C	9.69	1053.85	33.0
40°C	9.29	1055.75	33.6
45°C	8.95	1057.57	34.4
50°C	8.59	1059.41	35.2

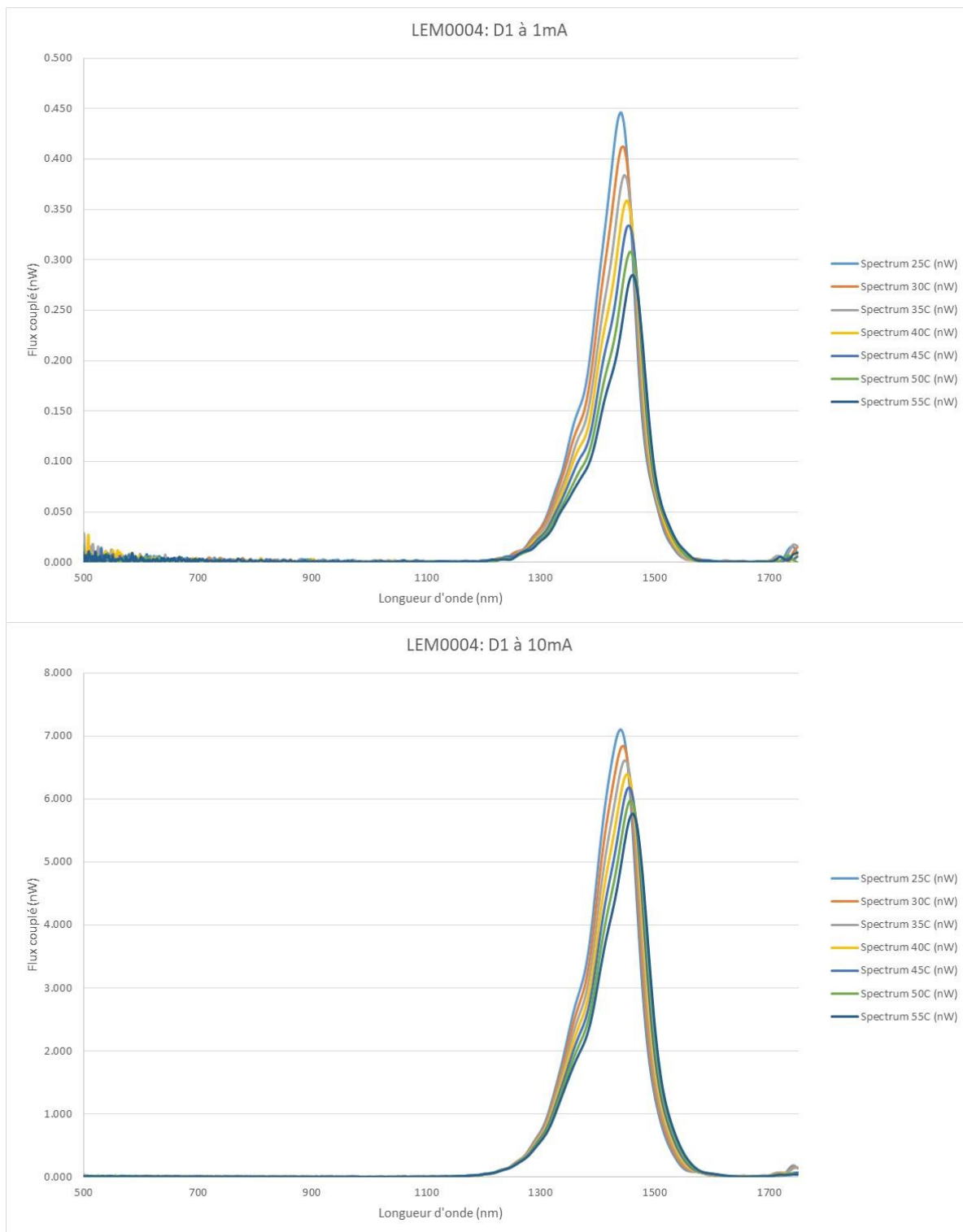
**Mesures spectrophotométriques de LEDs proche infrarouges**

55°C	8.26	1061.29	36.1
<b>LEM0004 LED D6 à 50mA</b>			
<b>Température (°C)</b>	<b>Maximum du pic (nW)</b>	<b>Position du pic (nm)</b>	<b>FWHM (nm)</b>
25°C	39.6	1052.54	44.0
30°C	38.5	1054.23	45.0
35°C	36.9	1056.06	45.9
40°C	35.4	1057.91	47.0
45°C	33.9	1059.64	48.1
50°C	32.6	1061.45	49.3
55°C	31.3	1063.27	50.6
<b>LEM0004 LED D7 à 10mA</b>			
<b>Température (°C)</b>	<b>Maximum du pic (nW)</b>	<b>Position du pic (nm)</b>	<b>FWHM (nm)</b>
25°C	6.08	1439.75	91.7
30°C	5.90	1443.52	92.9
35°C	5.72	1446.74	93.9
40°C	5.55	1449.85	95.0
45°C	5.38	1452.90	96.3
50°C	5.22	1455.80	97.6
55°C	5.05	1458.89	98.9
<b>LEM0004 LED D8 à 10mA</b>			
<b>Température (°C)</b>	<b>Maximum du pic (nW)</b>	<b>Position du pic (nm)</b>	<b>FWHM (nm)</b>
25°C	4.89	1643.39	125
30°C	4.62	1645.66	129
35°C	4.34	1647.50	130
40°C	4.07	1649.40	132
45°C	3.82	1651.14	134
50°C	3.57	1652.45	136
55°C	3.33	1653.57	138

**Tableau 3: Paramètres des pics d'émission des LEDs du LEM0004**

## Mesures spectrophotométriques de LEDs proche infrarouges

### 7.1 LEM0004 : LED D1





## Mesures spectrophotométriques de LEDs proche infrarouges

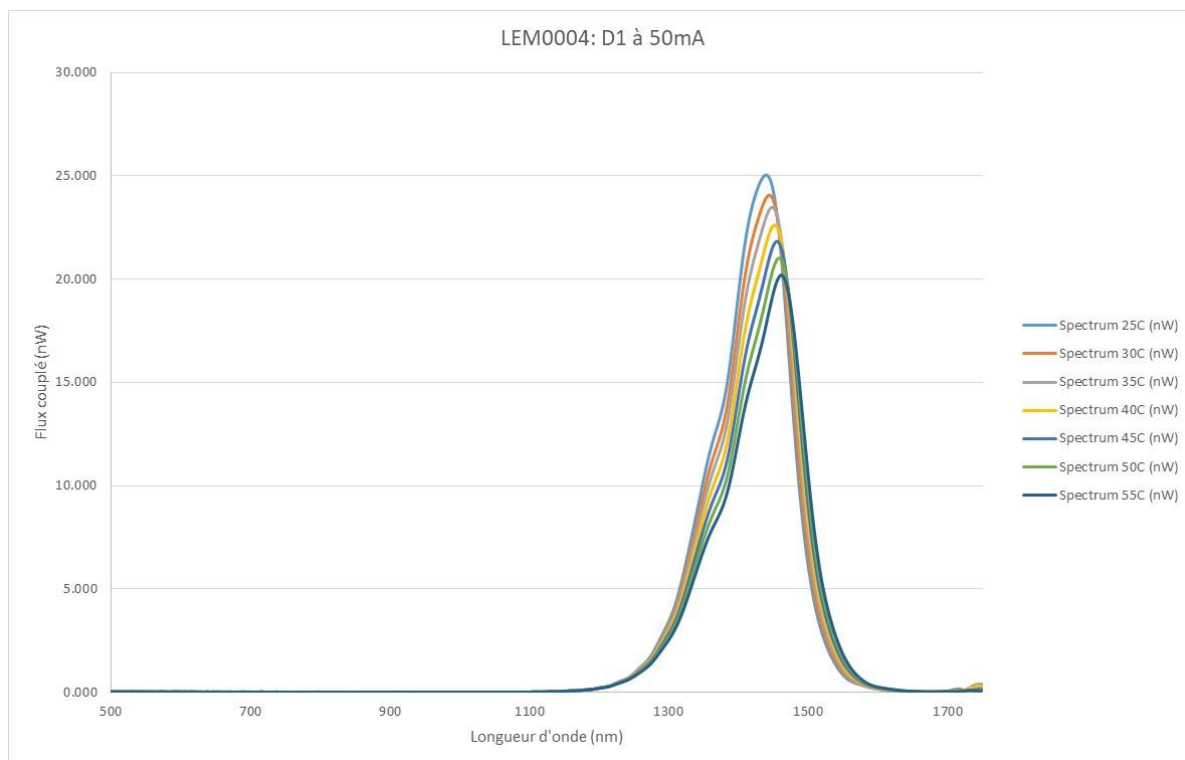
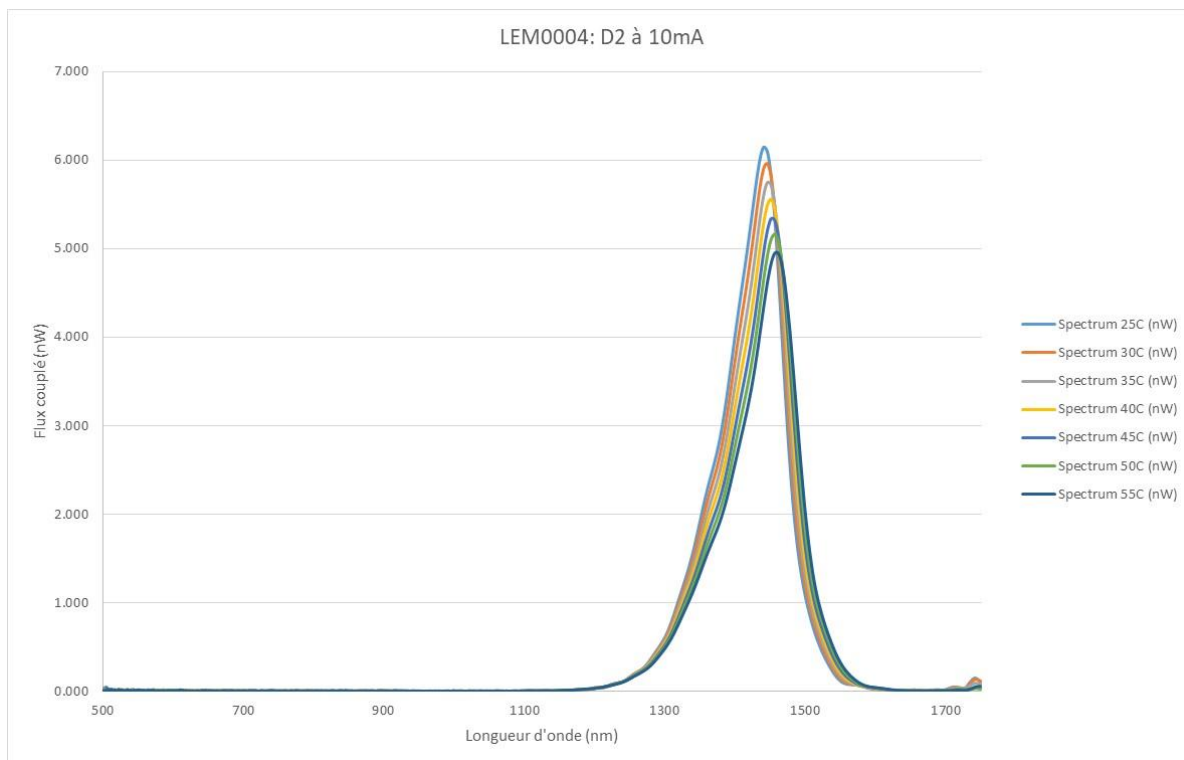
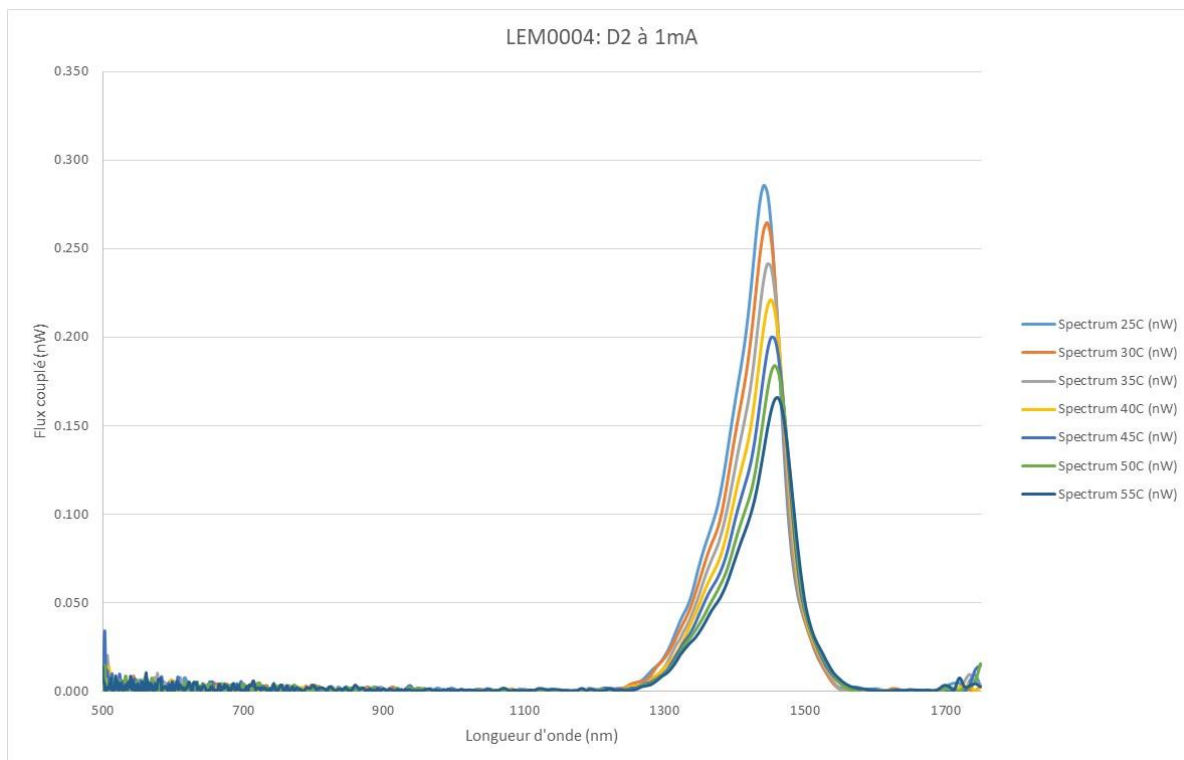


Figure 12: LEM0004 LED D1

## Mesures spectrophotométriques de LEDs proche infrarouges

### 7.2 LEM0004: LED D2



## Mesures spectrophotométriques de LEDs proche infrarouges

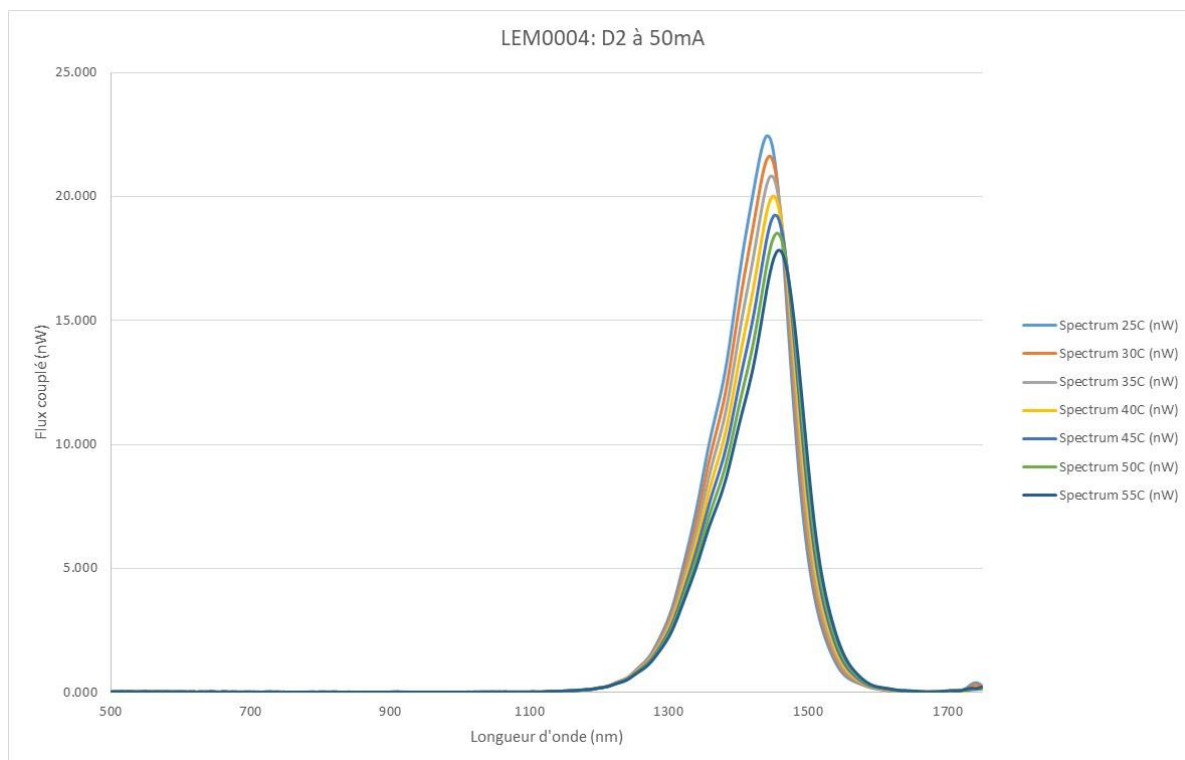
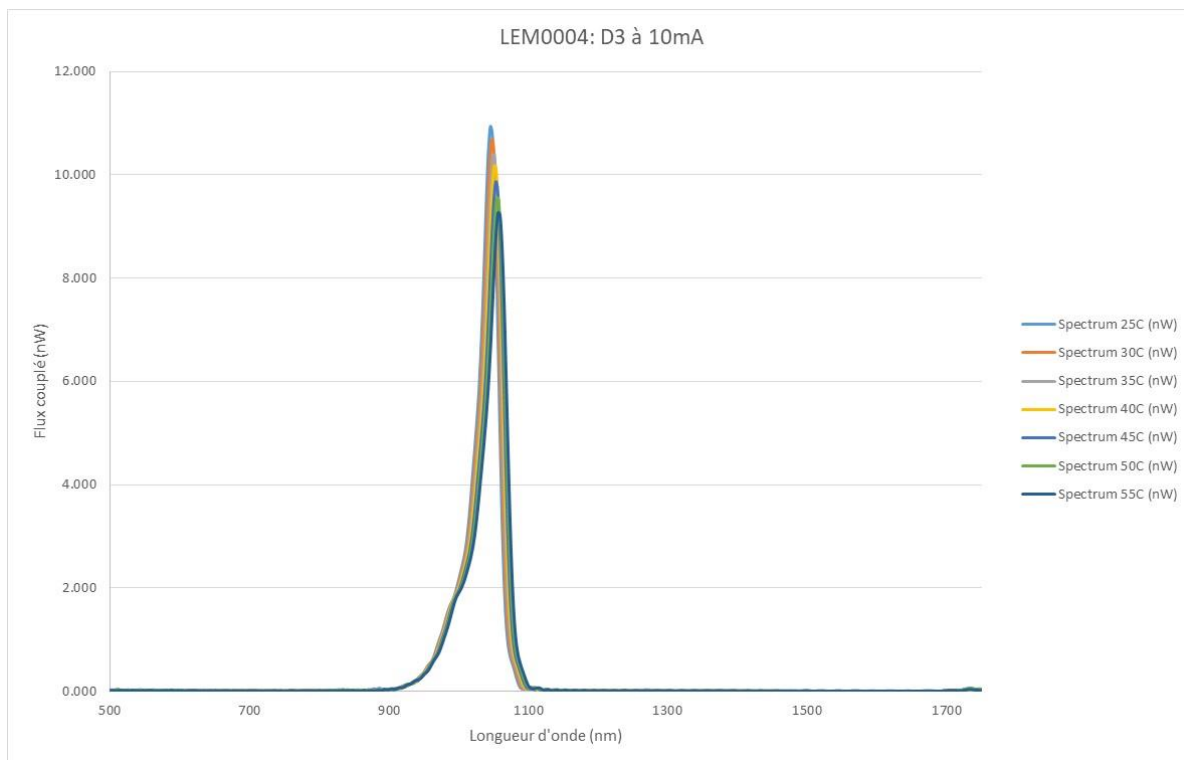
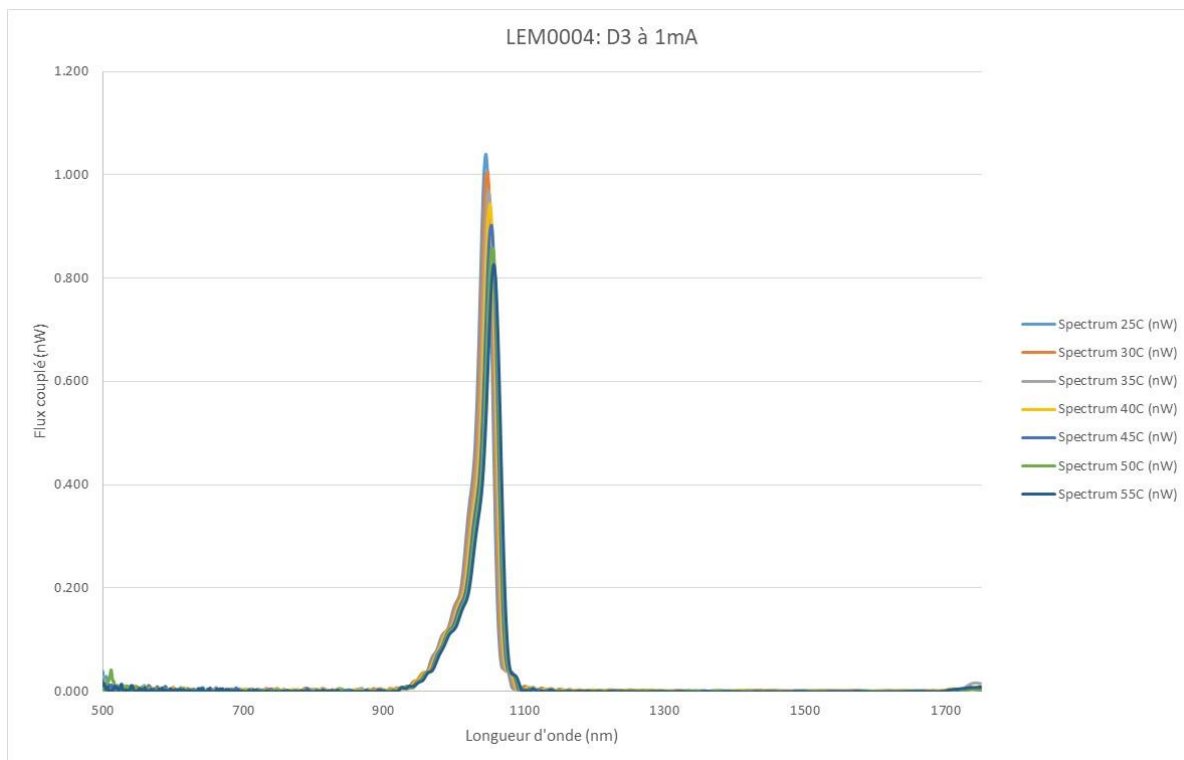


Figure 13: LEM0004 LED D2

## Mesures spectrophotométriques de LEDs proche infrarouges

### 7.3 LEM0004: LED D3



## Mesures spectrophotométriques de LEDs proche infrarouges

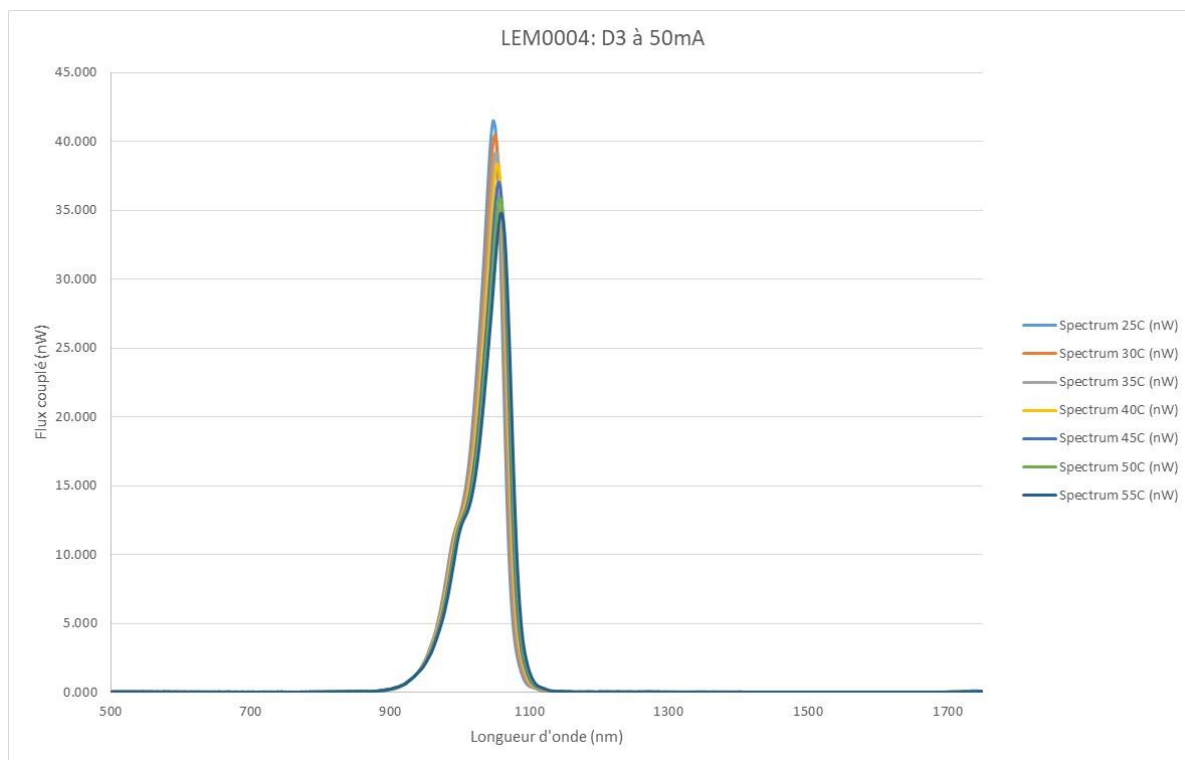
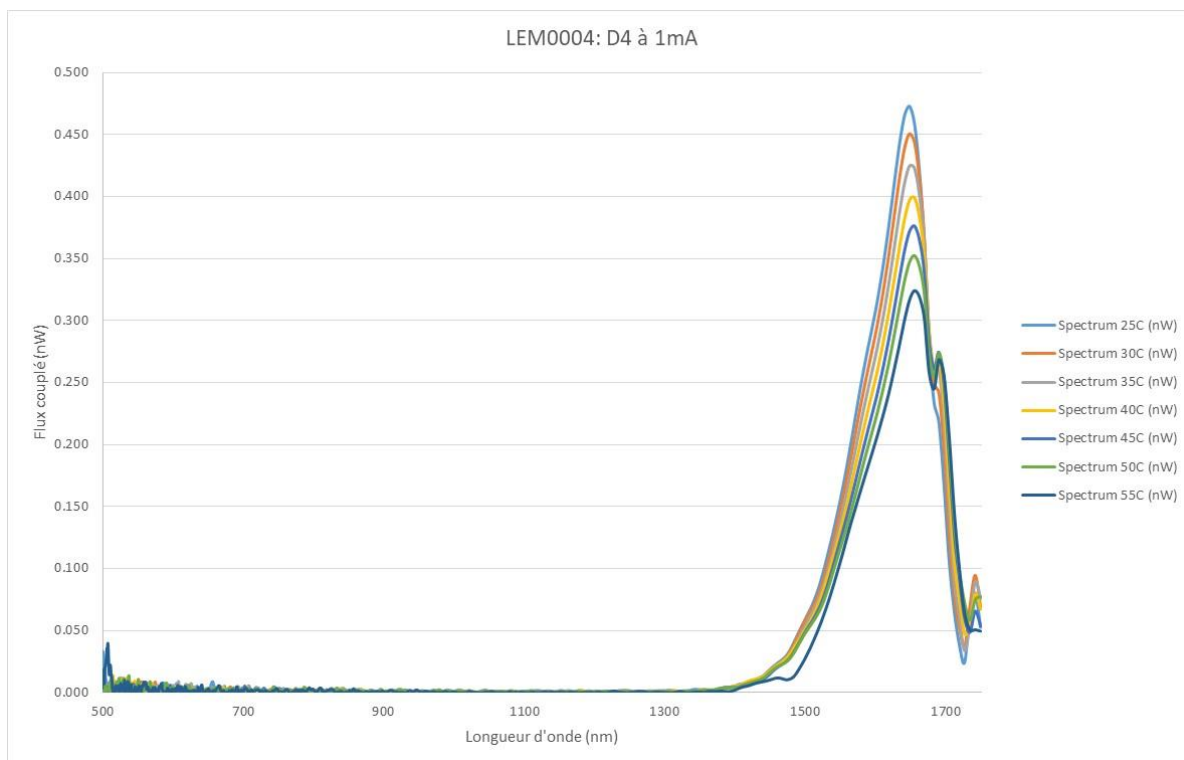
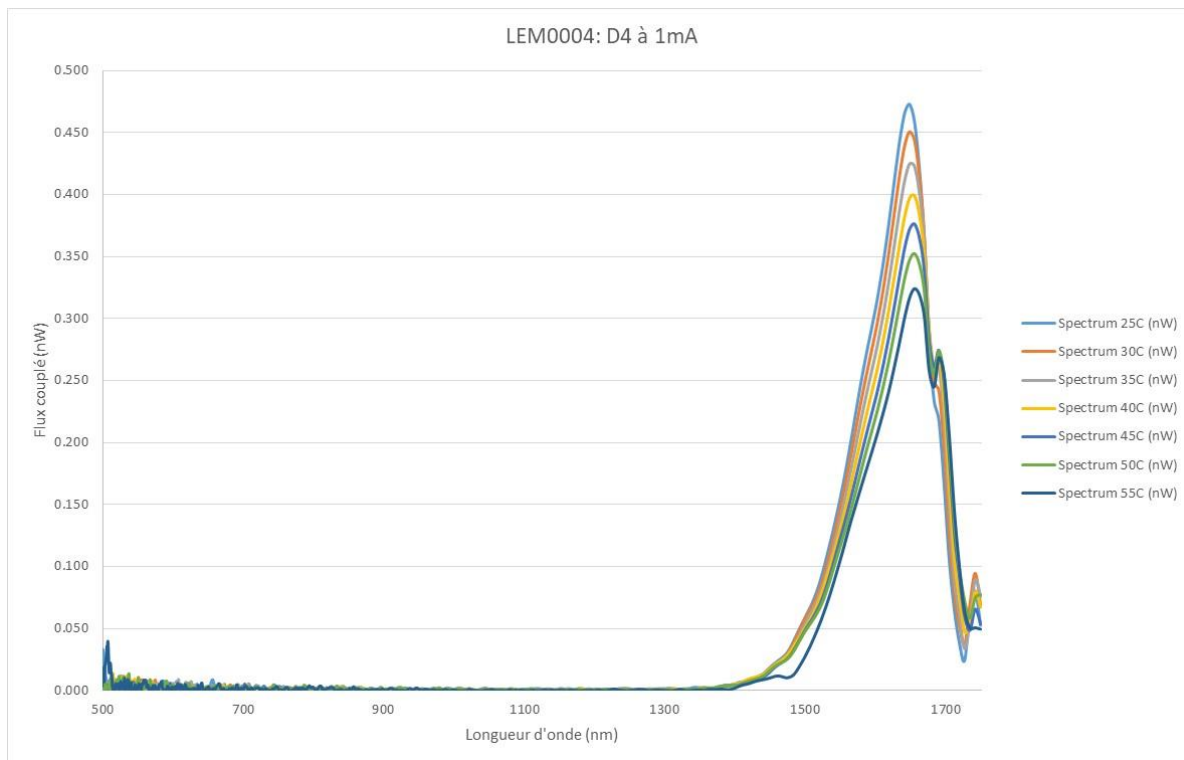


Figure 14: LEM0004 LED D3

## Mesures spectrophotométriques de LEDs proche infrarouges

### 7.4 LEM0004: LED D4



## Mesures spectrophotométriques de LEDs proche infrarouges

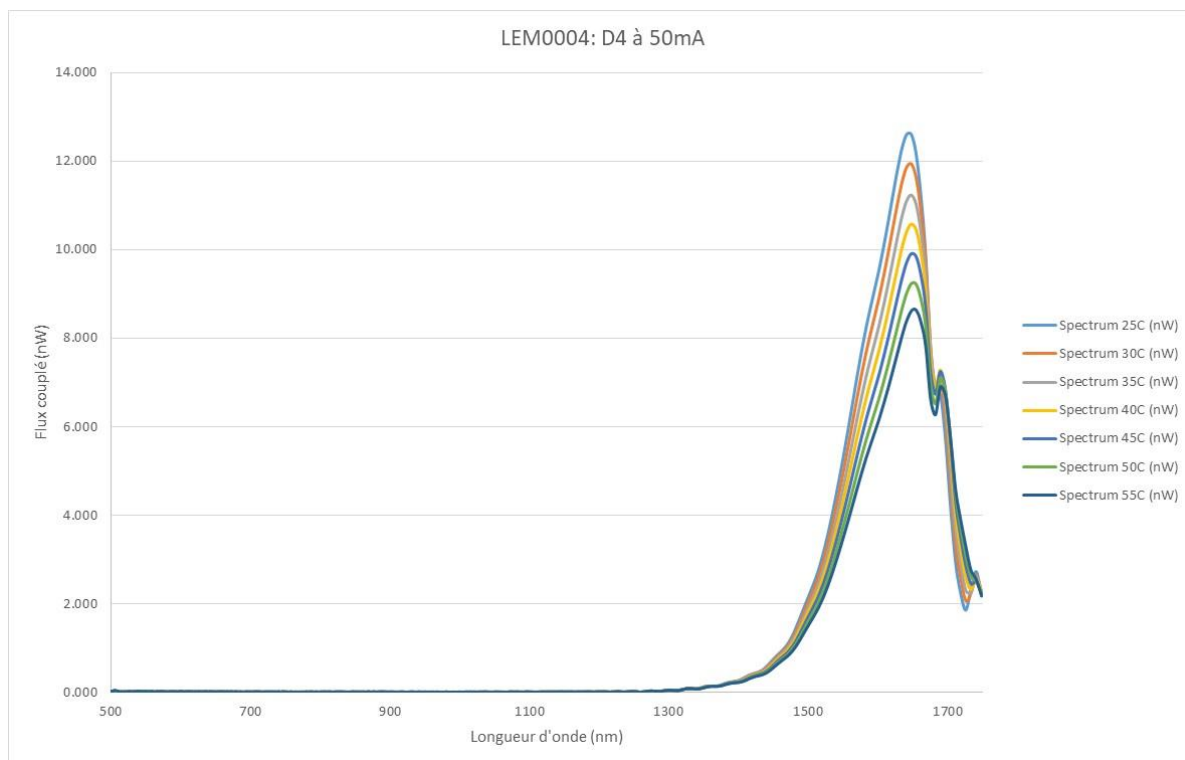
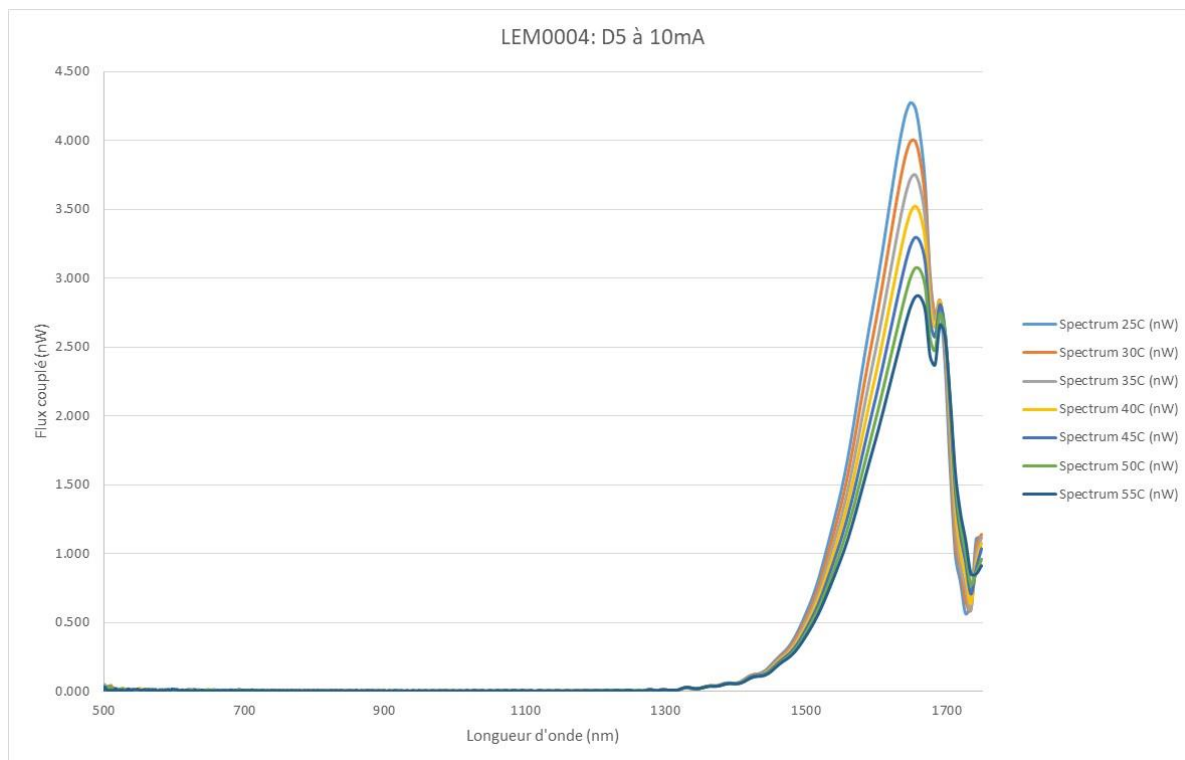
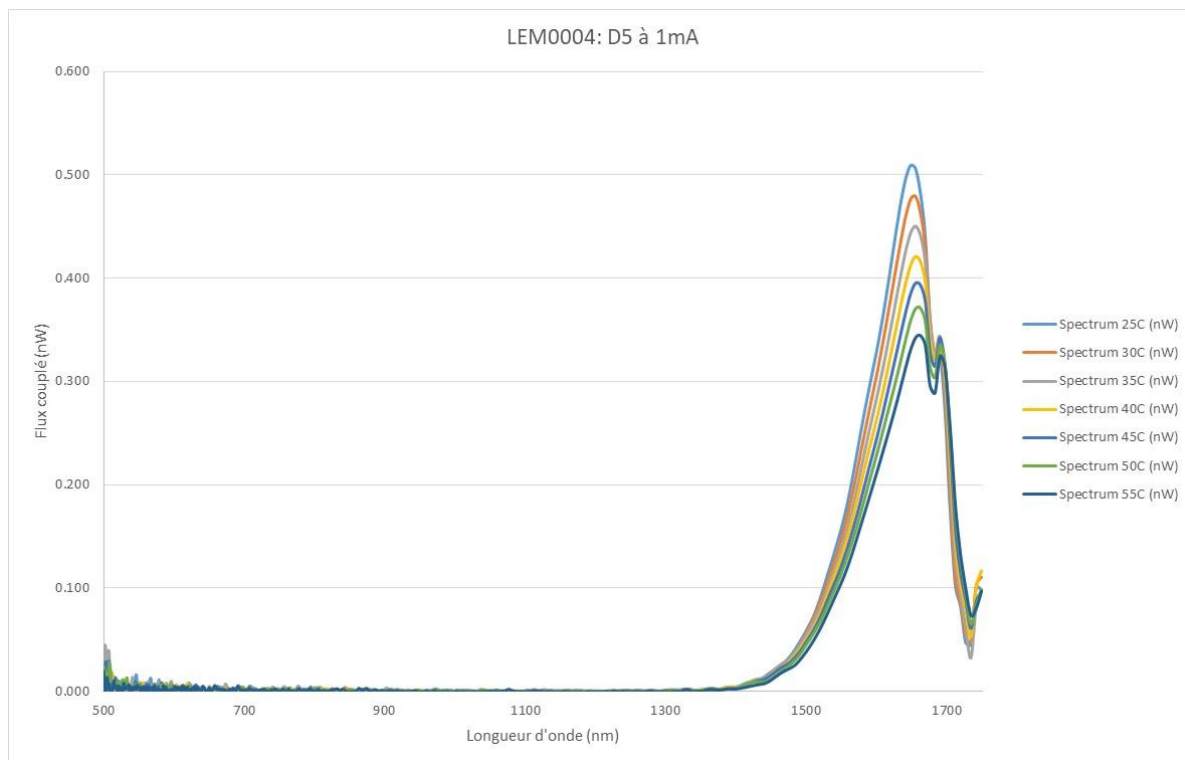


Figure 15: LEM0004 LED D4

## Mesures spectrophotométriques de LEDs proche infrarouges

### 7.5 LEM0004: LED D5





## Mesures spectrophotométriques de LEDs proche infrarouges

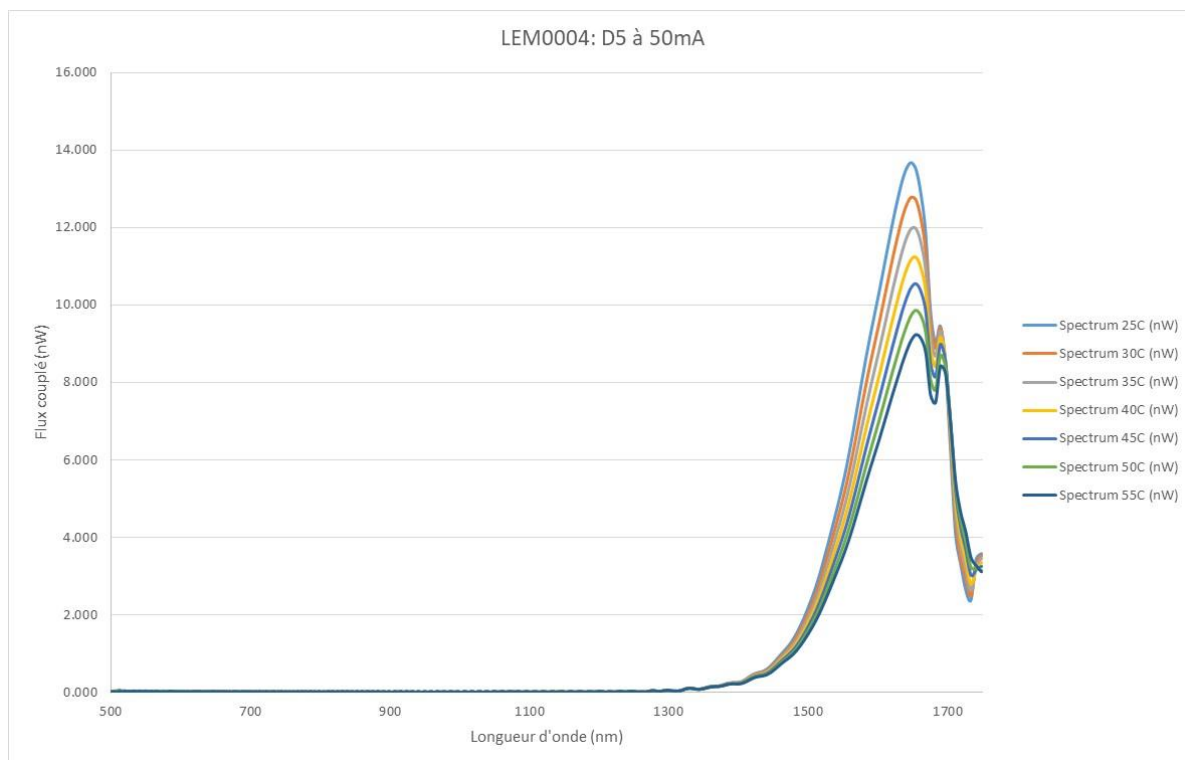
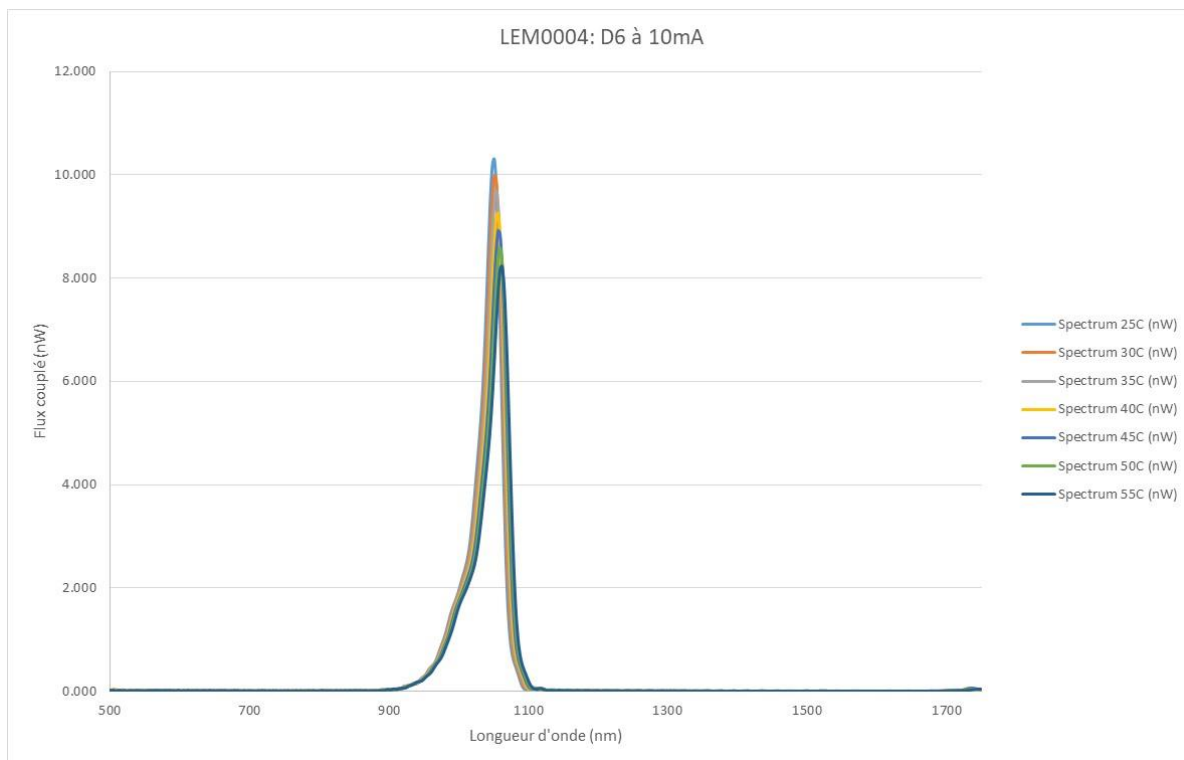
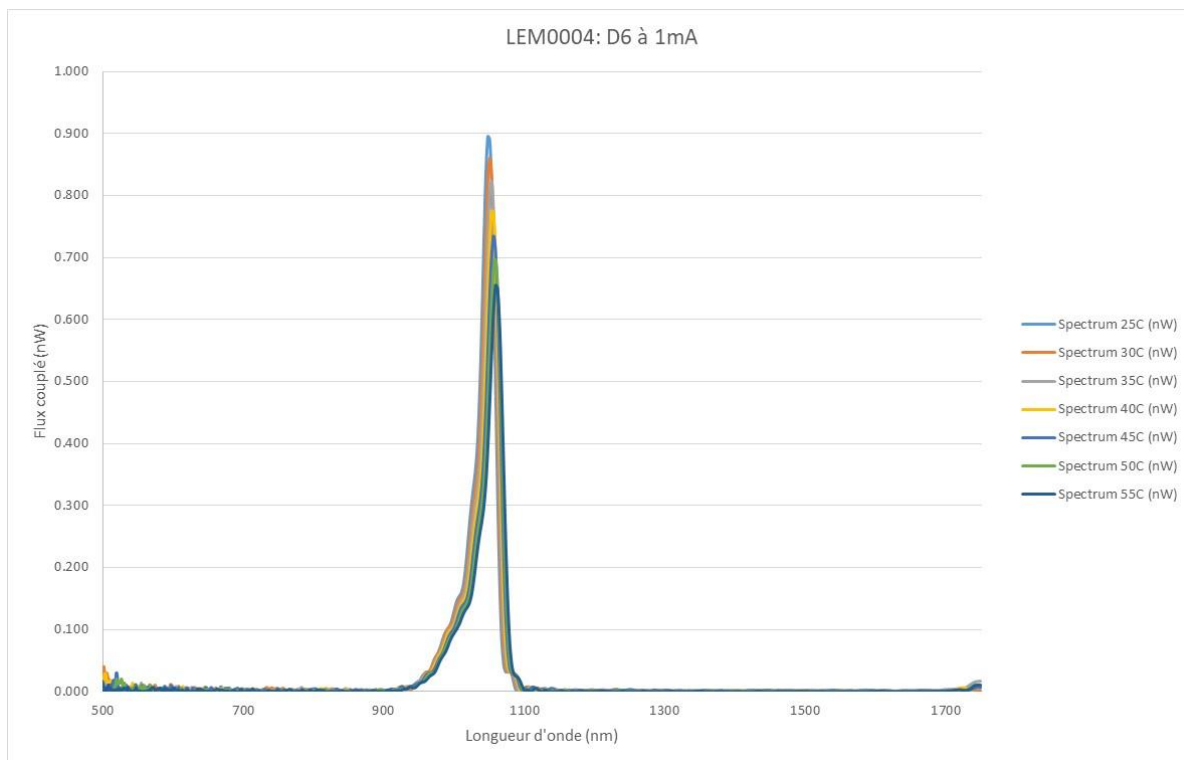


Figure 16: LEM0004 LED D5

## Mesures spectrophotométriques de LEDs proche infrarouges

### 7.6 LEM0004: LED D6



## Mesures spectrophotométriques de LEDs proche infrarouges

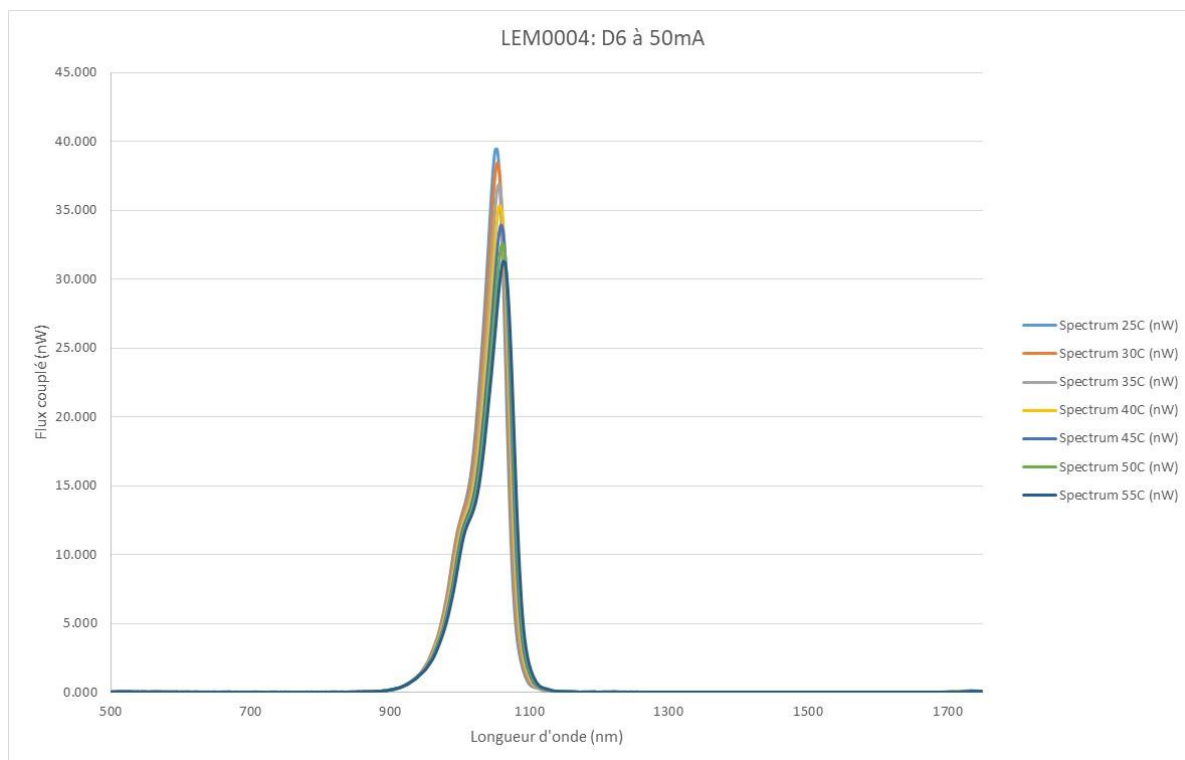


Figure 17: LEM0004 LED D6

## Mesures spectrophotométriques de LEDs proche infrarouges

### 7.7 LEM0004: LED D7 RESCUE 2

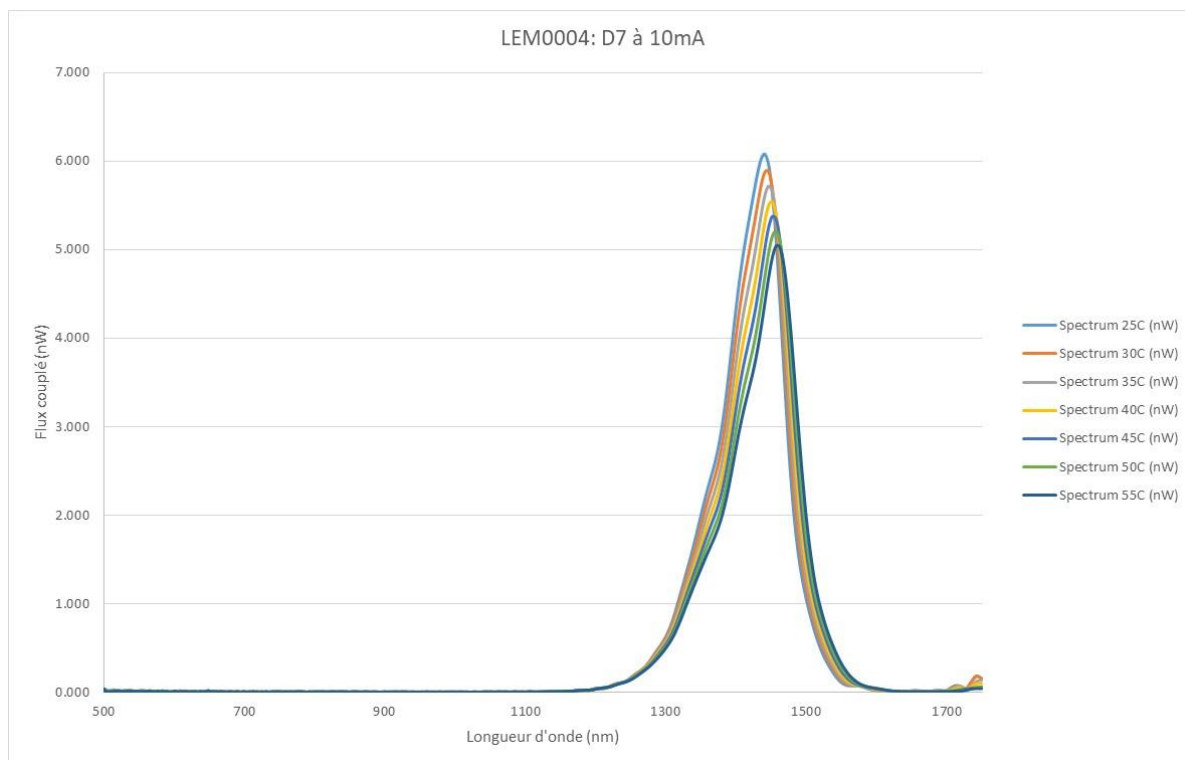
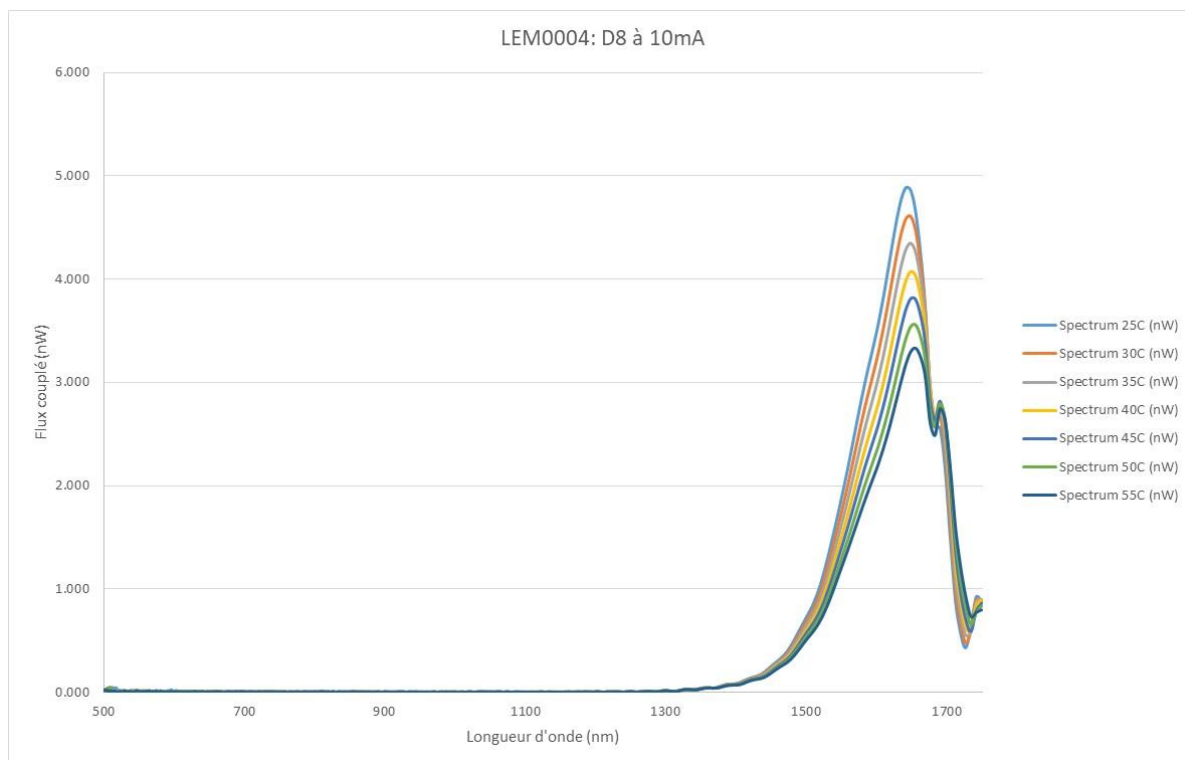


Figure 18: LEM0004 LED D7 à 10mA

## Mesures spectrophotométriques de LEDs proche infrarouges

### 7.8 LEM0004 : LED D8 RESCUE 1



**Figure 19: LEM0004 LED D8 à 10mA**

### 7.9 Mesure de la réponse spectrale du spectromètre

Pending (TBC si possible car la source n'est actuellement pas disponible).

### 8. Mesures du flux total

La photodiode silicium de la sphère intégrante n'est pas assez sensible dans la bande spectrale des LEDs. La mesure n'est pas possible.