

# **การสอบเทียบเครื่องชั่ง**

**ตาม EURAMET Calibration Guide No.18**

## EURAMET Calibration Guide No.18

Guidelines on the static calibration of self-  
indicating, non-automatic weighing  
instruments

Self-indicating Non-Automatic Weighing Instruments

หมายถึง

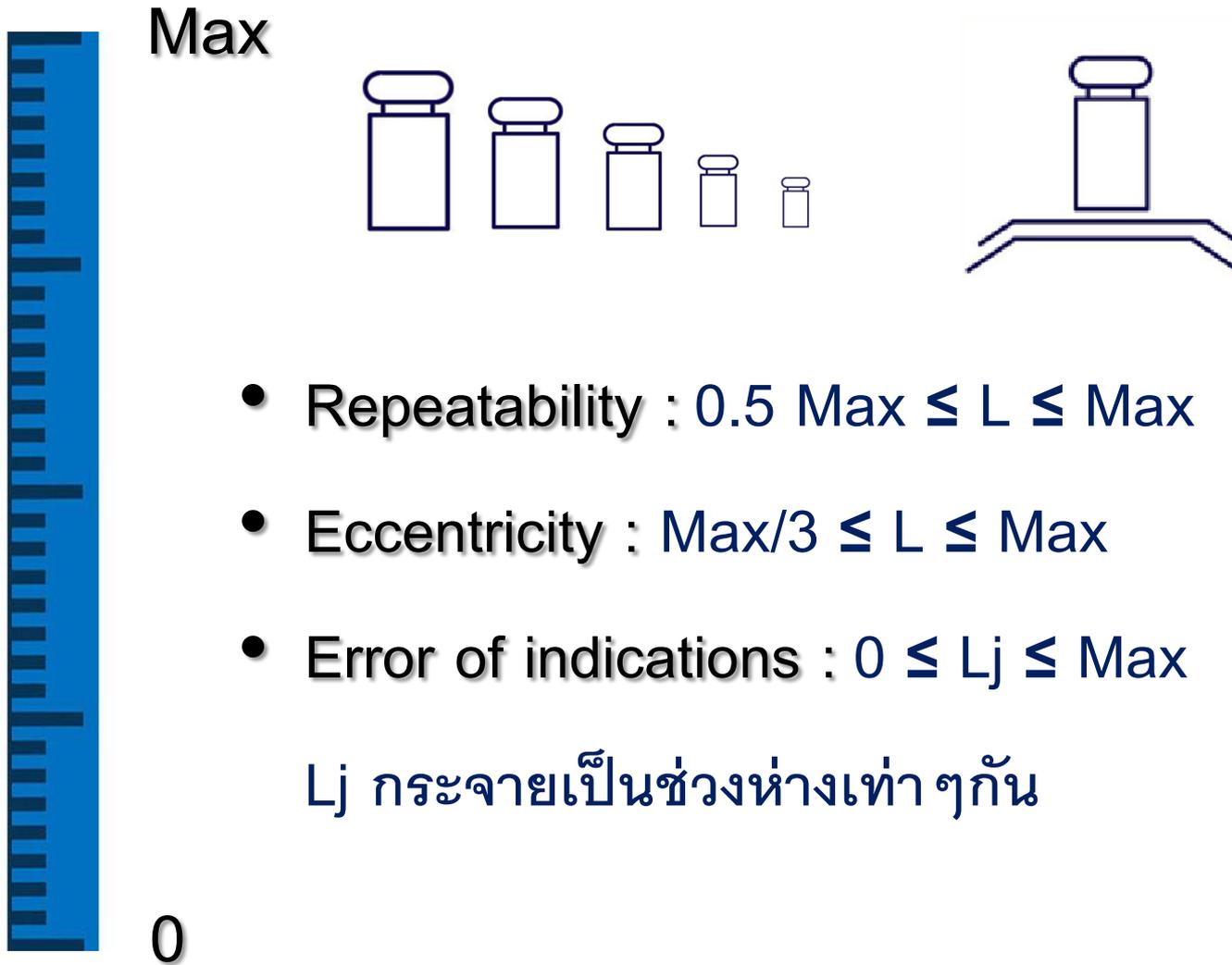
เครื่องชั่งที่เข้าสู่ภาวะสมดุลโดยผู้ปฏิบัติงานไม่ต้องแทรกแซง

# วิธีการสอบเทียบ Calibration Method

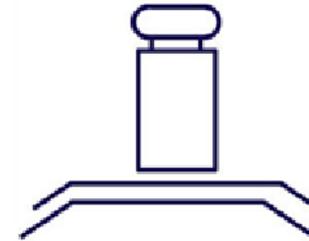
## EURAMET Calibration Guide No.18

- ความทนซ้ำได้ – Repeatability of indications
- ความผิดพลาดของค่าชี้บอก – Errors of indications
- ผลกระทบจากการวางน้ำหนักไม่ตรงกลางจาน – Effect of eccentric application of a load on indication

# Test load(L) สำหรับสอบเทียบ Single interval



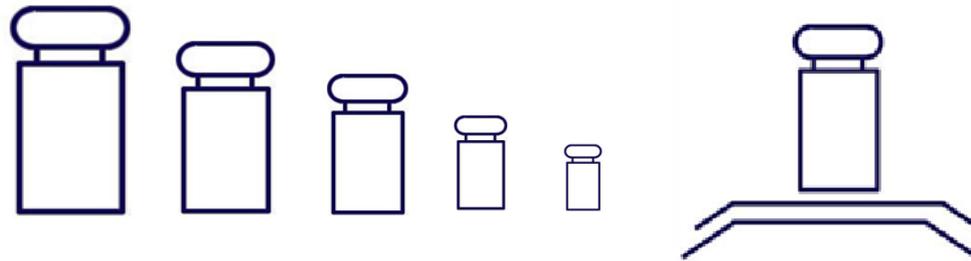
# Test load(L) สำหรับสอบเทียบ Multiple interval



- Repeatability :  $L \leq \text{Max}_1$  ( $L \leq \text{Max}_2$ ) ( $L \leq \text{Max}_3$ )
- Eccentricity :  $\text{Max}/3 \leq L \leq \text{Max}$
- Error of indications :  $0 \leq L_j \leq \text{Max}$  ( $+L \leq \text{Max}_1$ )

$L_j$  กระจายเป็นช่วงห่างเท่าๆกัน

# Test load(L) สำหรับสอบเทียบ Multiple range



- Repeatability :  $0.5 \text{ Max} \leq L \leq \text{Max I}$
- Eccentricity :  $(\text{Max}/3 \leq L \leq \text{Max})$  ของ Range สูงสุดที่กำหนด
- Error of indications :  $0 \leq L_j \leq \text{Max}$  ของ Range ที่กำหนด  
 $L_j$  กระจายเป็นช่วงห่างเท่า ๆ กัน

ปรับอุณหภูมิตู้มน้ำหนักมาตรฐานตาม  
ความจำเป็น

**Table F2.1 Change in apparent mass  $\Delta m_{\text{conv}}$**

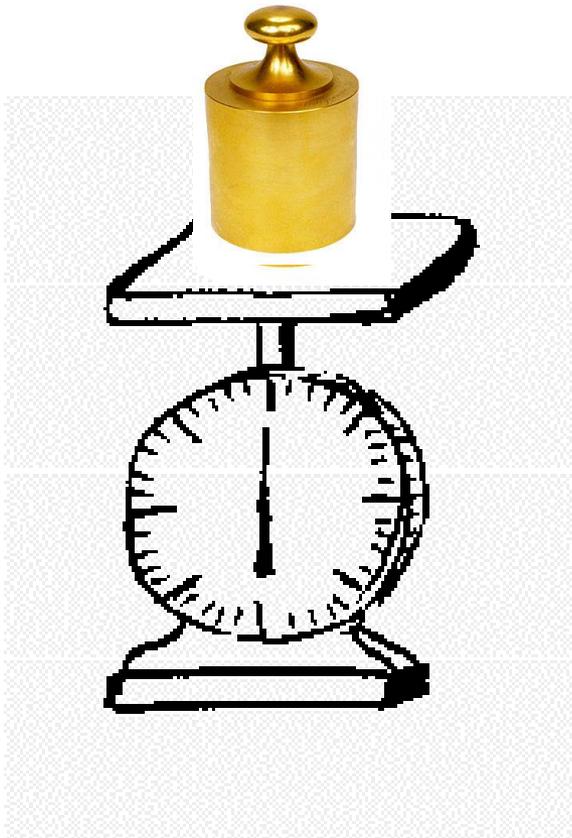
Change $\Delta m_{\text{conv}}$ in mg of standard weights, for selected temperature differences $\Delta T$								
	$\Delta T$ in K							
$m$ in kg	20	15	10	7	5	3	2	1
50	113,23	87,06	60,23	43,65	32,27	20,47	14,30	7,79
20	49,23	38,00	26,43	19,25	14,30	9,14	6,42	3,53
10	26,43	20,47	14,30	10,45	7,79	5,01	3,53	1,96
5	14,30	11,10	7,79	5,72	4,28	2,76	1,96	1,09
2	6,42	5,01	3,53	2,61	1,96	1,27	0,91	0,51
1	3,53	2,76	1,96	1,45	1,09	0,72	0,51	0,29
0,5	1,96	1,54	1,09	0,81	0,61	0,40	0,29	0,17
0,2	0,91	0,72	0,51	0,38	0,29	0,19	0,14	0,08
0,1	0,51	0,40	0,29	0,22	0,17	0,11	0,08	0,05
0,05	0,29	0,23	0,17	0,12	0,09	0,06	0,05	0,03
0,02	0,14	0,11	0,08	0,06	0,05	0,03	0,02	0,01
0,01	0,08	0,06	0,05	0,03	0,03	0,02	0,01	0,01

**Table F1.2 Time intervals for reduction in steps of temperature differences**  
Weights standing on 3 thin PVC columns in free air

Acclimatisation time in min for $\Delta T$ to be reached from the next higher $\Delta T$ , case 3b							
	$\Delta T / K$						
m/kg	20 K to 15 K	15 K to 10 K	10 K to 7 K	7 K to 5 K	5 K to 3 K	3 K to 2 K	2 K to 1 K
50	149,9	225,3	212,4	231,1	347,9	298,0	555,8
20	96,2	144,0	135,2	135,0	219,2	186,6	345,5
10	68,3	101,9	95,3	94,8	153,3	129,9	239,1
5	48,1	71,6	66,7	66,1	106,5	89,7	164,2
2	30,0	44,4	41,2	40,6	65,0	54,4	98,8
1	20,8	30,7	28,3	27,8	44,3	37,0	66,7
0,5	14,3	21,0	19,3	18,9	30,0	24,9	44,7
0,2	8,6	12,6	11,6	11,3	17,8	14,6	26,1
0,1	5,8	8,5	7,8	7,5	11,8	9,7	17,2
0,05	3,9	5,7	5,2	5,0	7,8	6,4	11,3
0,02	2,3	3,3	3,0	2,9	4,5	3,7	6,4
0,01	1,5	2,2	2,0	1,9	2,9	2,4	4,2

ค่าชั่งบอก

# การหา Repeatability



99

101

101

99

102

100

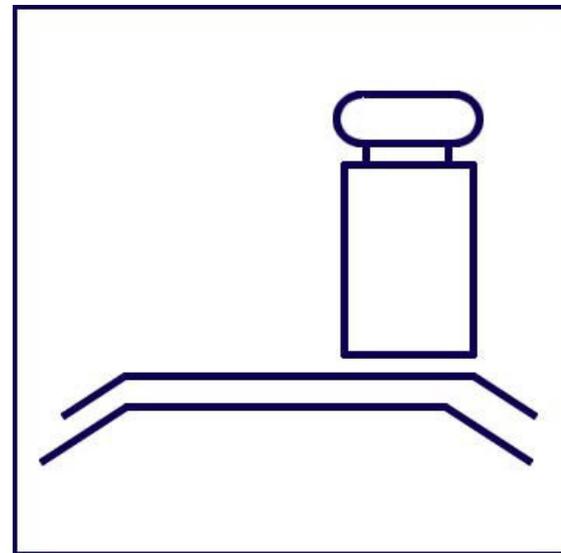
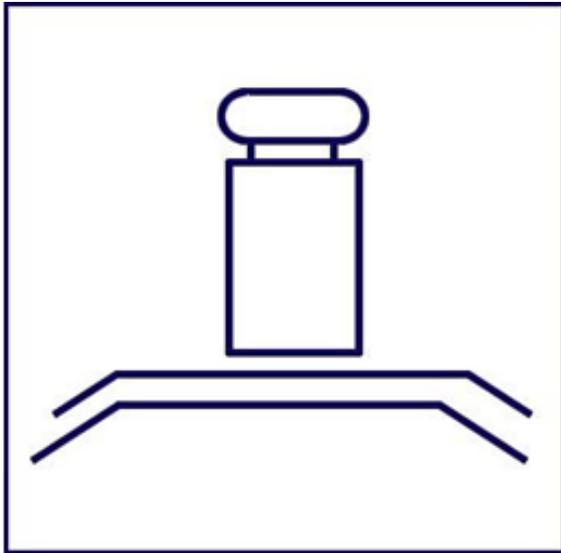
100

98

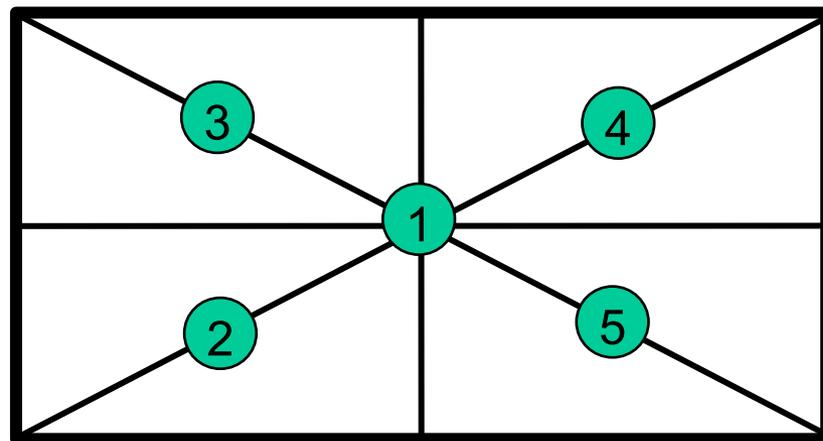
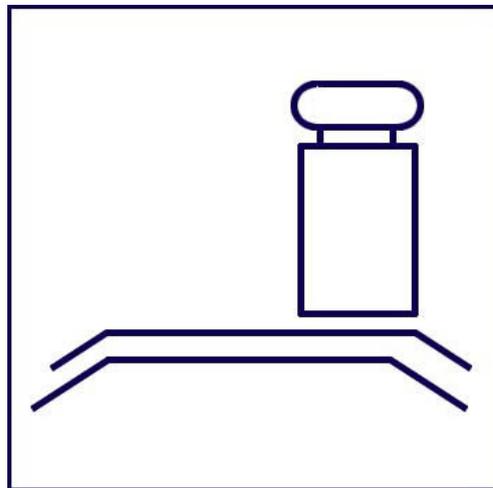
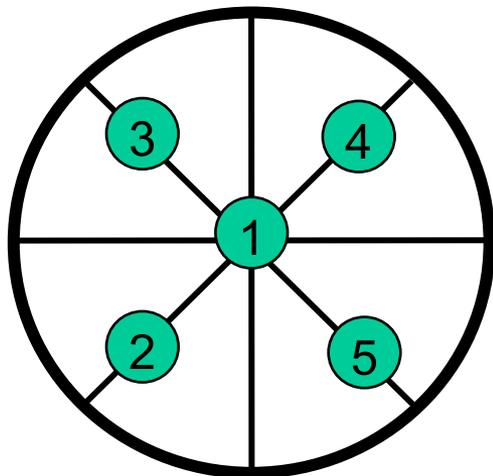
100

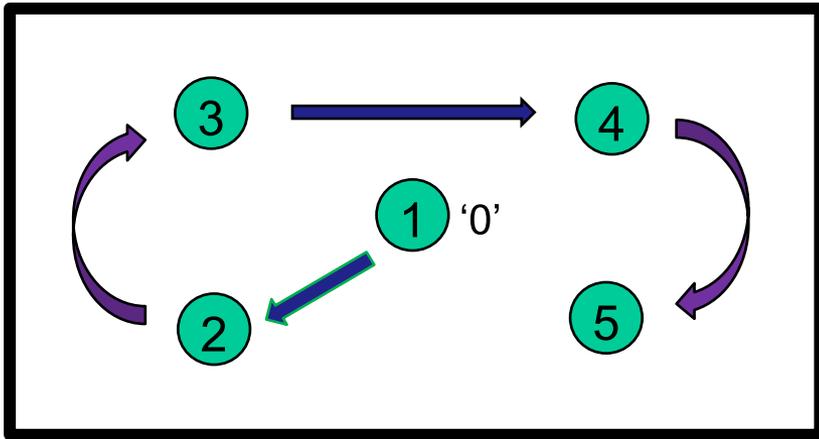
100

# Effect of eccentric of application of a load

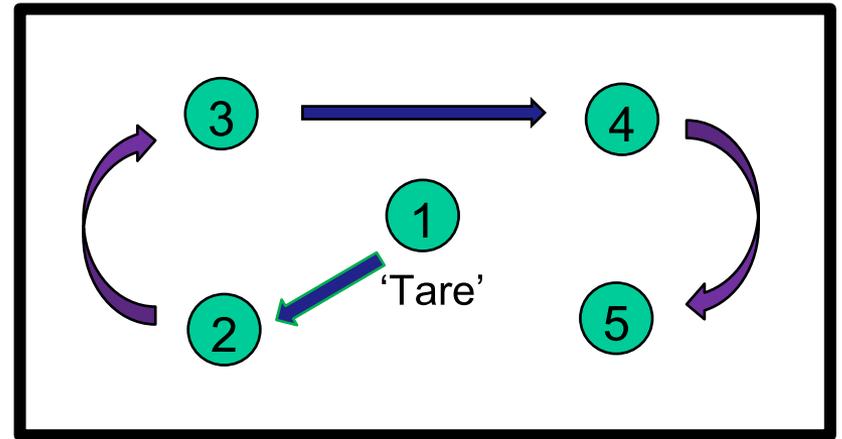


# การหา Eccentric of application of a load

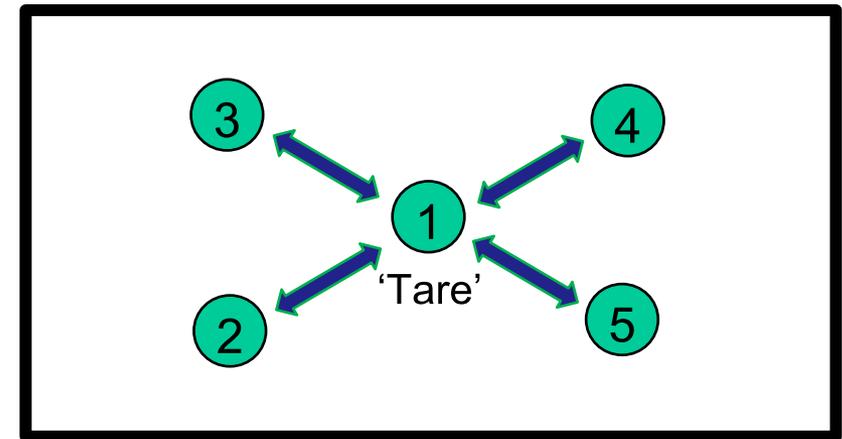
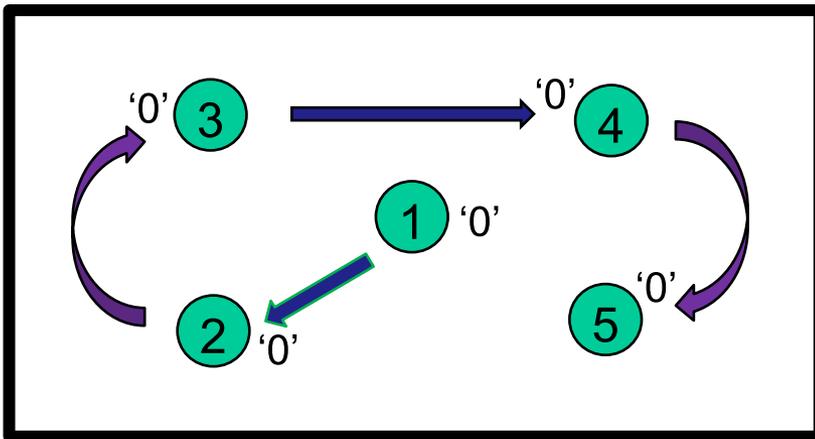




No drift

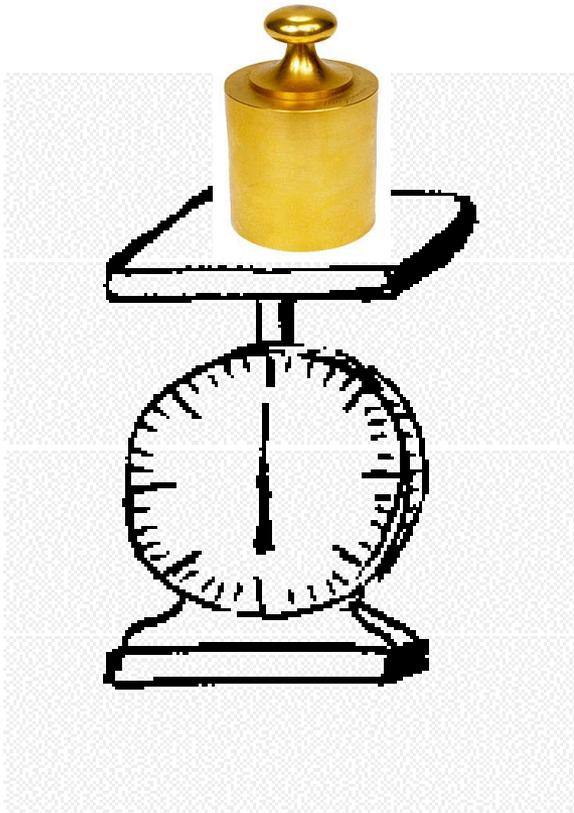


No drift & Zero tracking off



Zero tracking off

# การหา Error of indications



1000 g

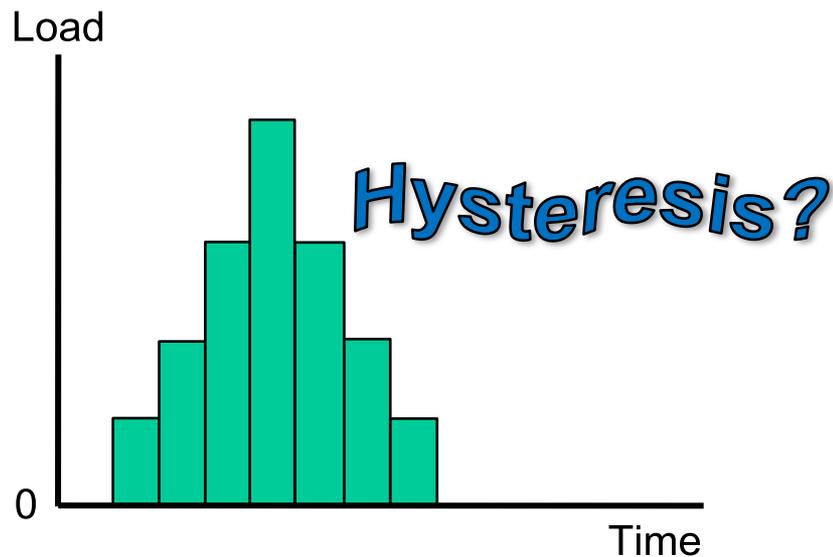
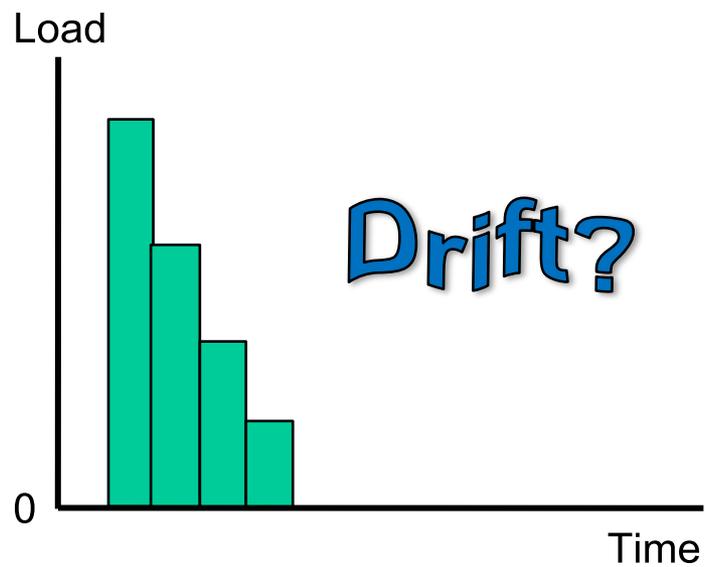
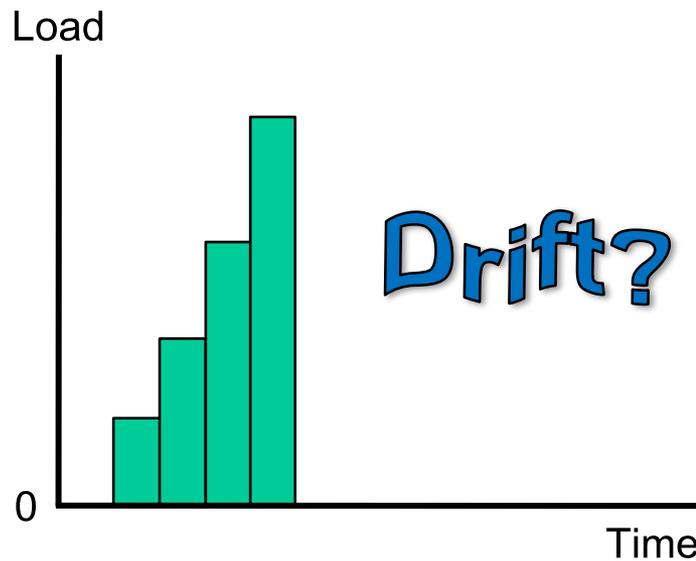
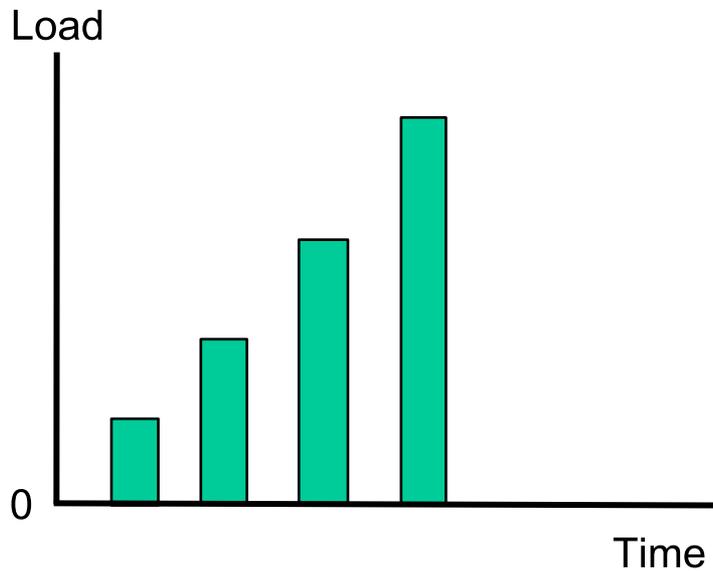


1001 g

Error (ค่าผิดพลาด)

$$= 1001 - 1000$$

$$= + 1 \text{ g}$$

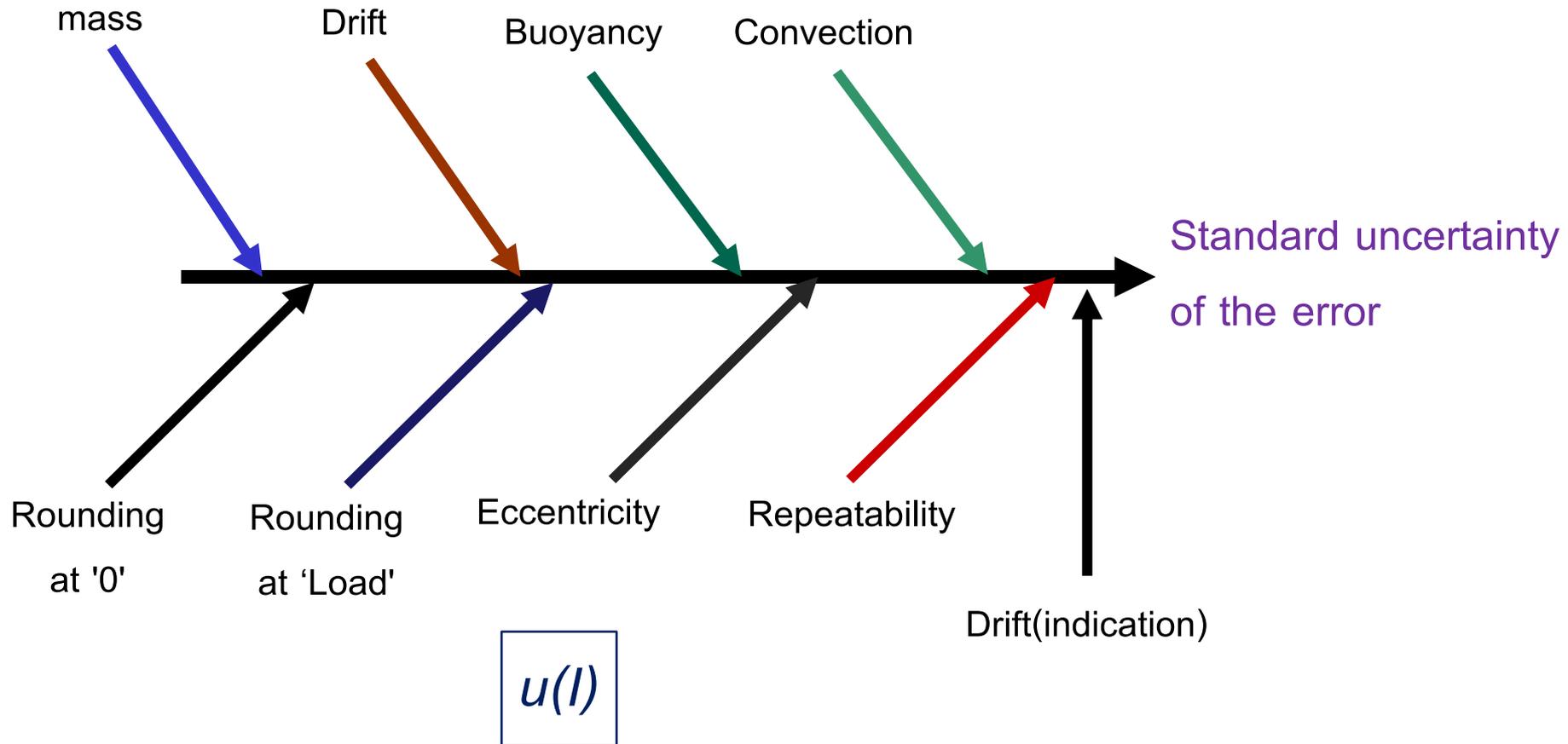


# คำนวณค่าความไม่แน่นอนของผลการ สอบเทียบ

# คำนวณ Combined standard uncertainty

$$u(m_{ref})$$

Conventional



# Uncertainty เนื่องจาก Air buoyancy

ปรับตั้งก่อนการสอบเทียบ

$$m_{pe} / (4 / \sqrt{3})$$

ไม่ปรับตั้งก่อนการสอบเทียบ

$$(m (0.1 \rho_0 / \rho_c) + m_{pe} / 4) / \sqrt{3}$$

$$\rho_0 = 1.2$$

$$\rho_c = 8000$$

ไม่ปรับตั้งก่อนการสอบเทียบ

แต่มีข้อมูลอุณหภูมิต่างจากการปรับตั้งครั้งล่าสุด ไม่เกิน  $\Delta T$

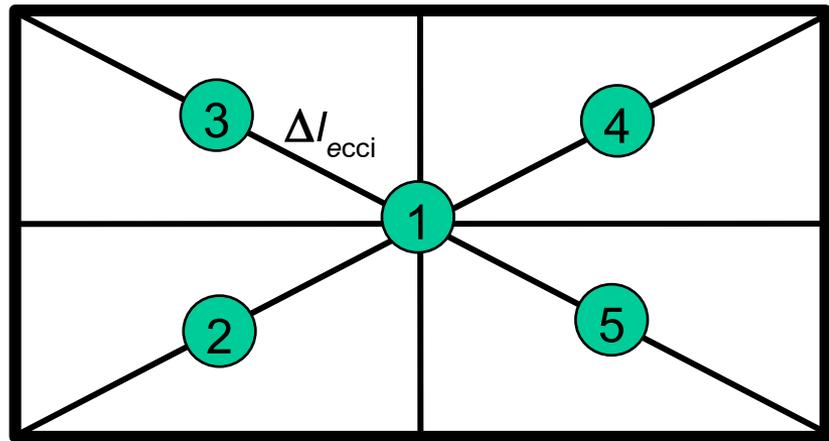
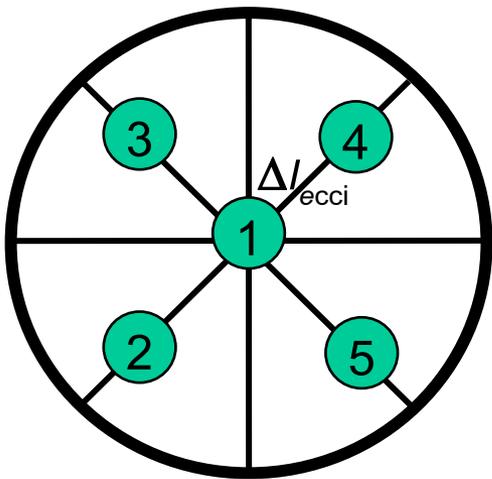
$$(m \sqrt{(1.07 \times 10^{-4} + 1.33 \times 10^{-6} \Delta T^2)} \rho_0 / \rho_c) + (m_{pe} / 4) / \sqrt{3}$$

**Table F2.1 Change in apparent mass  $\Delta m_{\text{conv}}$**

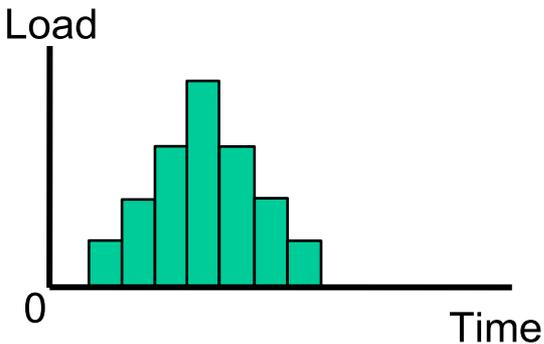
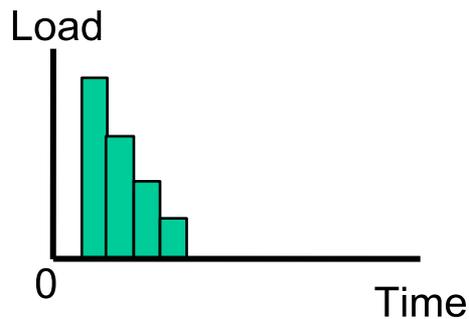
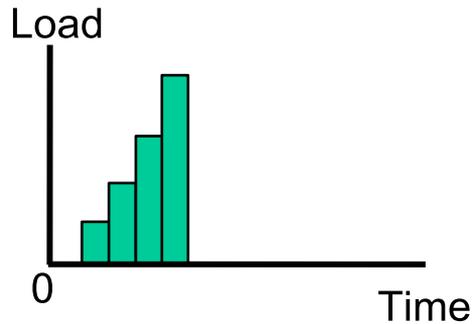
Change $\Delta m_{\text{conv}}$ in mg of standard weights, for selected temperature differences $\Delta T$								
$m$ in kg	$\Delta T$ in K							
	20	15	10	7	5	3	2	1
50	113,23	87,06	60,23	43,65	32,27	20,47	14,30	7,79
20	49,23	38,00	26,43	19,25	14,30	9,14	6,42	3,53
10	26,43	20,47	14,30	10,45	7,79	5,01	3,53	1,96
5	14,30	11,10	7,79	5,72	4,28	2,76	1,96	1,09
2	6,42	5,01	3,53	2,61	1,96	1,27	0,91	0,51
1	3,53	2,76	1,96	1,45	1,09	0,72	0,51	0,29
0,5	1,96	1,54	1,09	0,81	0,61	0,40	0,29	0,17
0,2	0,91	0,72	0,51	0,38	0,29	0,19	0,14	0,08
0,1	0,51	0,40	0,29	0,22	0,17	0,11	0,08	0,05
0,05	0,29	0,23	0,17	0,12	0,09	0,06	0,05	0,03
0,02	0,14	0,11	0,08	0,06	0,05	0,03	0,02	0,01
0,01	0,08	0,06	0,05	0,03	0,03	0,02	0,01	0,01

# Uncertainty เนื่องจาก Eccentricity

$$u(\delta I_{ecc}) = I \left| \Delta I_{ecc} \right|_{\max} / \left( 2L_{ecc} \sqrt{3} \right)$$



# Uncertainty เนื่องจาก Drift



$$u_{\text{rel}}(\delta R_{\text{time}}) = E_0 / (Max \sqrt{3})$$

$E_0$  คือ Error ของการกลับสู่ '0'

$$u_{\text{rel}}(\delta R_{\text{time}}) = \Delta E_{j\text{max}} / (m_j \sqrt{12})$$

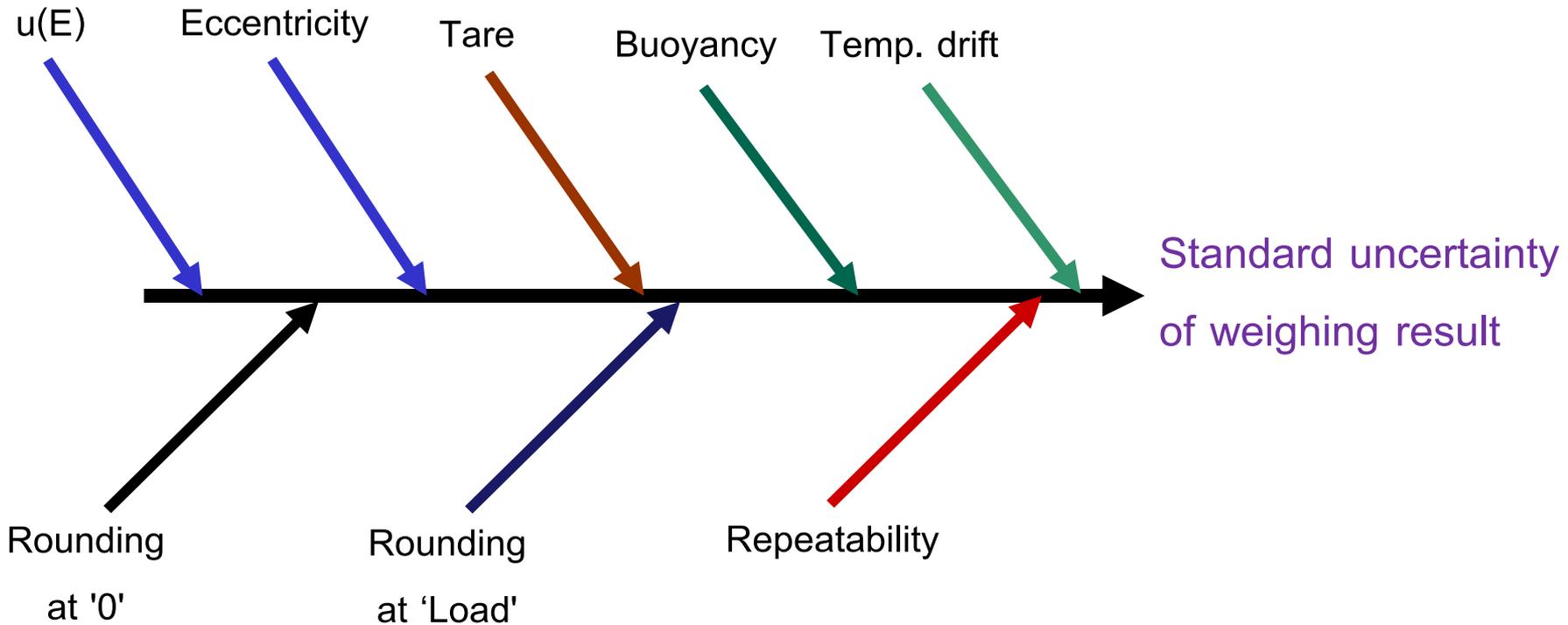
$\Delta E$  คือ ความแตกต่างของ Error ณ.แต่ละ Load

# รายงานผลการสอบเทียบ

**คำนวณค่าความไม่แน่นอนของผลการชั่ง**

# คำนวณ Combined standard uncertainty

*Relative*



*Absolute*

Uncertainty เนื่องจาก อุณหภูมิขณะชั่ง  
ต่างจากอุณหภูมิขณะปรับตั้งครั้งล่าสุด

$$u_{\text{rel}}(\delta R_{\text{temp}}) = K_T \Delta T / \sqrt{12}$$

$\Delta K_T$  คือ The sensitivity of the instrument to temperature variation

$\Delta T$  คือ ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิขณะชั่งกับอุณหภูมิขณะปรับตั้งครั้งล่าสุด

# Uncertainty เนื่องจาก Air buoyancy ของ Adj. Wt.

## ปรับตั้งก่อนการชั่ง

$$u_{\text{rel}}(\delta R_{\text{bouy}}) = \frac{\Delta \rho_a}{\rho_c} u(\rho_s)$$

$\Delta \rho_a$  คือ ความแตกต่างระหว่างความหนาแน่นอากาศขณะชั่งกับขณะปรับตั้งครั้งล่าสุด

$u(\rho_s)$  คือ ความไม่แน่นอนของความหนาแน่นของ Adjustment weight

$$\rho_0 = 1.2 \quad \rho_c = 8000$$

## ไม่ปรับตั้งก่อนการชั่ง

$$u_{\text{rel}}(\delta R_{\text{bouy}}) = \frac{\Delta \rho_a}{\rho_c \sqrt{3}}$$

## ไม่ปรับตั้งก่อนการชั่ง

แต่มีข้อมูลอุณหภูมิต่างจากการปรับตั้งครั้งล่าสุด ไม่เกิน  $\Delta T$

$$u_{\text{rel}}(\delta R_{\text{bouy}}) = \frac{\sqrt{1,07 \times 10^{-4} + 1,33 \times 10^{-6} \text{K}^{-2} \Delta T^2} \cdot \rho_0}{\rho_c}$$

## Uncertainty เนื่องจาก การ Tare

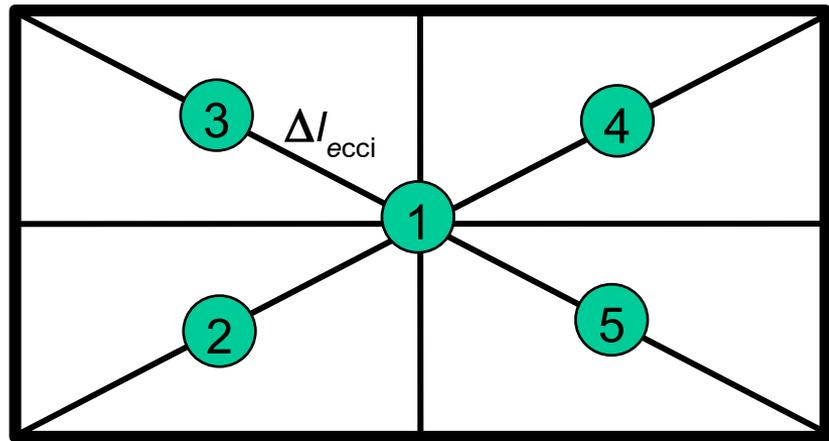
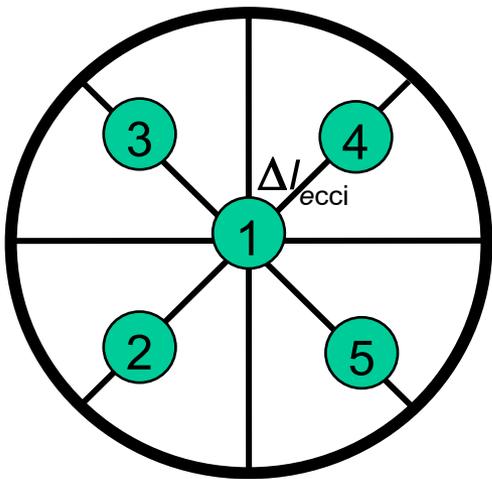
$$u_{\text{rel}}(\delta R_{\text{Tare}}) = (q_{E \text{ max}} - q_{E \text{ min}}) / \sqrt{12}$$

เมื่อ  $q_E$  คือ ค่า slope ระหว่างผลการสอบเทียบ 2 จุดที่ต่อเนื่องกัน

$$q_E = \frac{\Delta E}{\Delta I} = \frac{E_{j+1} - E_j}{I_{j+1} - I_j}$$

# Uncertainty เนื่องจาก Eccentricity

$$u_{\text{rel}}(\delta R_{\text{ecc}}) = |\Delta l_{\text{ecc}}|_{\text{max}} / (L_{\text{ecc}} \sqrt{3})$$



# Approximation global uncertainty

1 กรณีปรับแก้ค่า

$$U(W) \approx U(W = 0) + \left\{ \frac{[U(W = Max) - U(W = 0)]}{Max} \right\} R$$

2 กรณีไม่ปรับแก้ค่า

$$U_{gl}(W) \approx U(W = 0) + \left\{ \frac{[U(W = Max) - U(W = 0)]}{Max} \right\} R + |a_1| R$$

3 กรณีไม่ปรับแก้ค่าสำหรับ multi-interval instrument

$$U(W) \approx U(Max_{i-1}) + \left\{ \frac{[U(Max_i) - U(Max_{i-1})]}{Max_i - Max_{i-1}} \right\} \cdot (R - Max_{i-1})$$

รายงานค่าความไม่แน่นอนของผลการชั่ง  
เพื่อเป็นข้อมูลเพิ่มเติม